



TESIS SF092006

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN BATERAI
BERBASIS SMART CHARGING DENGAN METODE
PENGISIAN ARUS KONSTAN**

**Edwin Pondi Suwanto
NRP. 1112201025**

**Dosen Pembimbing
Endarko, M.Si, Ph.D.**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN INSTRUMENTASI
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



TESIS SF092006

THE DESIGN OF THE BATTERY CHARGING SYSTEM BASED SMART CHARGING BY USING CONSTANT CURRENT METHOD

**Edwin Pondi Suwanto
NRP. 1112201025**

**SUPERVISOR
Endarko, M.Si, Ph.D.**

**PROGRAM OF MAGISTER
SPECIFICATION PROGRAM INSTRUMENTATION
DEPARTEMENT OF PHYSICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN BATERAI BERBASIS SMART
CHARGING DENGAN METODE PENGISIAN ARUS KONSTAN**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Sains (M.Si.)

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Edwin Pondi Suwanto


NRP. 1112201025

Tanggal Ujian : 21 Juli 2016

Periode Wisuda : September 2016

Disetujui oleh:

1. **Endarko, M.Si., Ph.D.**
NIP. 19741117 199903 1 001


(Pembimbing)

2. **Dr. Melania Suweni Muntini, M.T.**
NIP. 19641229 199002 2 001


(Penguji)

3. **Dr.rer.nat. Bintoro Anang Subagyo, M.Si.**
NIP. 19790719 200501 1 015


(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19601202 198701 1 001

RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN BATERAI BERBASIS SMART CHARGING DENGAN METODE PENGISIAN ARUS KONSTAN

Nama mahasiswa : Edwin Pondi Suwanto
NRP : 1112201025
Pembimbing : Endarko, M.Si, Ph.D

ABSTRAK

Sistem pengisian baterai telah dirancang berbasis mikrokontroler keluarga Atmel ATmega32. Rancang bangun ini menggunakan sensor *ACS712* sebagai pengontrol arus dan tegangan pada saat pengisian. Sistem ini bertujuan mempercepat waktu pengisian tanpa merusak sel pada baterai dan membangun sistem pengisian cepat menggunakan metode pengisian arus konstan. Dalam proses pengisian baterai perlu diperhatikan tahap – tahap selama pengisiannya agar dapat memperpanjang usia baterai yakni dengan menjaga konstan arus pada saat pengisian baterai (*Constan Current*). Baterai yang digunakan juga mempengaruhi sistem yang dibuat agar dapat mempercepat dan mengefisienkan waktu pengisian tanpa merusak baterai. Baterai yang digunakan adalah *Lead Acied* 12V/5Ah. Pengisian baterai tersebut memiliki beberapa perlakuan dan variasi saat pengisian dan variasi susunan baterai yaitu secara seri dan secara paralel dengan jumlah baterai yang sama. Dari rancang bangun sistem yang dihasilkan data yang diperoleh kemampuan mempercepat pengisian dapat dilakukan dengan menggunakan arus yang lebih besar dan sesuai dengan rekomendasi arus yang diperbolehkan. Arus konstan yang digunakan pada impementasi ini yaitu 0.5 Ampere – 1 Ampere. Karateristik yang diperoleh dari implementasi yang dibangun yaitu temperatur operasi 25°C - 45 °C. Arus maksimum pengisian 3.82 Ampere.

Kata Kunci : ACS712,Lead Acied, Constant Current

THE DESIGN OF THE BATTERY CHARGING SYSTEM BASED SMART CHARGING BY USING CONSTANT CURRENT METHOD

Name : Edwin Pondi Suwanto
NRP : 1112201025
Supervisor : Endarko, M.Si, Ph.D

ABSTRACT

Battery charging management system has been designed based of ATmega32 Atmel microcontroller families. The Implementation's design uses a sensor ACS712 to controlling and monitoring current and voltage during the charging. This system aims to speed up the charging time without damaging the cells of the battery. In the process of charging the batteries need to be considered part of the part during its contents in order to extend the battery life by the keeping a constant current during battery charging (*Constant Current*). Batteries are used also affects the system created in order to accelerate and to be effective in the charging time without damaging the battery. The batteries used are Acied Lead 12V / 5Ah. The battery charging has several treatments and variations during charging and battery arrangement variations are in series and in parallel with the same number of batteries. Design of system generated data acquired ability to accelerate the charging can be done by using a greater flow and in accordance with current recommendations is allowed. Constant current used in this Implementation of 0.5 Ampere - 1 Ampere. Characteristics derived from the implementation that is built ie operating temperature of 25 ° C - 45 ° C. The maximum current to operation system charging 3.82 Amperes

Keyword: *ACS712, Lead Acied, Constant Current*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Battery.....	3
2.2 Metode Charging	5
2.3 Penguat Transistor	7
2.4 Dasar Dasar Rangkaian Sumber Arus.....	8
2.5 Rangkaian Selisih.....	10
2.6 <i>Quick Charging</i>	11
2.7 Mikrokontroler ATmega32	12
2.8 Komunikasi Serial RS232.....	15
2.9 ACS712.....	16
2.10 Sensor Tegangan.....	16
2.11 Rangkaian Baterai	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Skema Kerja.....	20
3.2 Prosedur Kerja	21
3.3 Perencanaan Perangkat Lunak	26

3.4 Parameter Penelitian	27
3.5 Metode Pengambilan Data.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema sell baterai Litium Ion.....	5
Gambar 2.2	Pulsa arus pada method pulsa charging	6
Gambar 2.3	Aliran Arus Penguat	7
Gambar 2.4	Rangkaian Sumber Arus Sederhana	8
Gambar 2.5	Rangkaian Sumber Arus dengan Transistor	9
Gambar 2.6	Rangkaian konfigurasi Rangkaian Selisih	10
Gambar 2.7	Pin-pin mikrokontroler ATmega8535	12
Gambar 2.8	Konfigurasi IC MAX232.....	15
Gambar 2.9	Contoh aplikasi dari rangkaian sensor arus ACS712	16
Gambar 2.10	Sensor tegangan menggunakan prinsip pembagi tegangan	16
Gambar 2.11	Rangkaian baterai secara seri	17
Gambar 2.12	Rangkaian baterai secara Paralel	18
Gambar 3.1	Diagram blok diagram Sistem pengisian Baterai	21
Gambar 3.2	Rangkaian Catudaya.....	22
Gambar 3.3	Rangkaian DAC	23
Gambar 3.4	Rangkaian Pembagi Arus	24
Gambar 3.5	Rangkaian mikrokontroler ATmega32	25
Gambar 3.6	Sistem Kontrol Baterai	26
Gambar 3.7	Algoritma Charging Baterai	27
Gambar 4.1	Perbandingan antara sensor Arus dengan Multimeter digital	30
Gambar 4.2	Kurva Karakteristik Respon dari Sensor Arus	31
Gambar 4.3	Kurva Regresi Linier Sensor Tegangan	32
Gambar 4.4	Perbandingan sensor Tegangan dengan Multimeter digital	33
Gambar 4.5	Perbandingan sensor Temperatur dengan Termometer	35
Gambar 4.6	Software Sistem Monitoring Pengisian Baterai.....	36
Gambar 4.7	Tampilan Data Base Software Sistem Pengisian baterai	36
Gambar 4.8	Hasil Uji Implementasi untuk Karakteristik dengan pengisian menggunakan Arus 0.75 Ampere.....	38
Gambar 4.9	Hasil Pengisian dengan CC 0.75 Ampere.....	39
Gambar 4.10	Hasil Pengisian dengan CC 0.5 Ampere	40
Gambar 4.11	Hasil Pengisian dengan CC 0.5 Ampere rangkaian seri	41
Gambar 4.12	Hasil Pengisian dengan CC 0.5 Ampere rangkaian Paralel	42

Gambar 4.13 Hasil Pengisian dengan CC 0.75 Ampere rangkaian seri	43
Gambar 4.14 Hasil Pengisian dengan CC 0.75 Ampere rangkaian paralel.....	43
Gambar 4.15 Hasil Pengisian dengan Smart Charger pada rangkaian seri	44
Gambar 4.16 Hasil Pengisian dengan Smart Charger pada rangkaian Paralel	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern kali ini kita mengetahui bahwa teknologi sedang berkembang sangat pesat. Hal ini ditunjukkan banyak penemuan baru di bidang teknologi dan informasi. Berbagai macam alat baru diciptakan untuk memenuhi kebutuhan manusia yang senantiasa ingin memudahkan pekerjaan sehari-hari. Jika ditinjau dari masalah terkini, manusia selalu menuntut teknologi canggih yang fleksibel dan juga dinamis yang dapat memenuhi *mobilitas* manusia itu sendiri dalam menggunakan teknologi tersebut. Permasalahan ini menuntut para ilmuwan menciptakan alat-alat elektronika yang berbasis fleksibel, dinamis dan *portable*. Sebagai contoh baterai merupakan komponen penyimpanan energi listrik yang bersifat *portable* serta dapat menyimpan energi listrik melalui beragam proses kimiawi sehingga energi listrik dapat digunakan pada waktu tertentu.

Saat ini penggunaan baterai sangatlah penting bagi manusia, hal ini ditunjukkan dari perkembangan teknologi yang sangat pesat. Sebagian alat-alat elektronika menggunakan baterai sebagai sumber energinya. Melihat bagaimana pentingnya penggunaan baterai seperti yang telah dijabarkan sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa baterai sebagai komponen elektronik yang saat ini memiliki peranan sangat penting dalam perkembangan teknologi itu sendiri. Akan tetapi terdapat masalah yang sangat penting untuk dilakukan penelitian terhadap baterai. Penelitian itu meliputi dari proteksi *cell* pada baterai kontrol pada saat pengisian. manajemen penggunaan baterai, siklus pengisian dan pemakaian untuk mengetahui baik tidaknya *cell* yang terdapat pada baterai. Akan tetapi hal yang menyebabkan *cell* rusak atau baterai tidak bias bekerja maksimal itu terdapat pada saat pengisian baterai sehingga perlu adanya pengontrolan baterai saat pengisian (*charge control*).

Pada persoalan yang lebih kompleks dalam sistem pengaturan sistem pengisian baterai, metode pengontrolan ini dilakukan secara *computerizer* dengan sistem kendali bahasa pemrograman sehingga memperoleh sistem pengontrolan yang optimal dan mengoptimalkan lamanya pengisian baterai.

Adapun penelitian tentang baterai yang pernah dilakukan yaitu membahas tentang SOH (*The State of Health*) atau ukuran kemampuan baterai untuk memberikan output yang ditentukan. Hal ini penting untuk menilai kesiapan peralatan listrik darurat dan merupakan indikator apakah tindakan pemeliharaan yang diperlukan. SOH (*The State of Health*) yang diteliti pada *Sportcars*. (Joonas Sainio, 2013). Terdapat pula penelitian tentang “Sistem charging baterai pada perancangan mobil *Hybrid*” penelitian ini menggunakan pengisian 2 arah dengan energi dari PLN dan gerakan motor. (Umar Hasan, 2006)

Penelitian baterai sangatlah kompleks hal ini juga penelitian tentang sistem kontrol pengisian yang menyediakan kemampuan *Fault-Tolerant* dan perlindungan baterai (John Chatzakis, 2003). Masih banyak penelitian-penelitian tentang baterai yang masih mencapai efisiensi yang maksimal serta menjaga agar baterai itu tetap sehat.

Berdasarkan pembahasan di atas maka dalam penelitian ini akan dilakukan sistem pengontrolan terhadap sistem pengecasan baterai dengan *mikrokontroller* untuk mencapai efisiensi yang terbaik dan juga menjaga *cell* pada baterai supaya tetap sehat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasar latar belakang penelitian ini, dapat dirumuskan beberapa masalah:

1. Bagaimana membangun sistem control charge baterai menggunakan bahasa pemrograman
2. Bagaimana merancang output kendali otomatis berdasarkan aturan-aturan *bahasa pemrograman* yang telah dibangun untuk mengendalikan sistem charging pada baterai

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibatasisebagai berikut:

1. Menggunakan baterai elemen basah (*lead-acid*)
2. Sensor yang digunakan adalah sensor tegangan dan sensor arus
3. Metode pengisian menggunakan prinsip konstan arus dan smart charging.
4. Metode pengambilan menggunakan variasi rangkaian seri dan paralel

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Memantau dan mengontrol kondisi arus, tegangan dan temperatur pada baterai saat proses pengisian .
2. Mendesain teknologi pengisian daya baterai yang memperhatikan karakteristik arus pada baterai.
3. Merancang sistem pengisian baterai yang benar dan aman secara teoritis.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah prototipe yang telah dirancang dapat digunakan sebagai referensi untuk sistem pengisian baterai yang optimal dengan menyesuaikan karakteristik baterai.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Battery

Battery atau sering disebut aki, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan aki untuk menghidupkan mesin kendaraan (memacu arus pada dinamo stater kendaraan). Aki mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik.

Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (katoda) ke elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (drycells). (www.training.hmc.co.kr)

Elemen sekunder dalam pemakaiannya harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik (secara umum dikenal dengan istilah 'disetrum'). Akan tetapi, tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan aki. Dalam sebuah aki berlangsung proses elektrokimia yang reversible (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel yaitu di dalam aki saat dipakai berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (discharging). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (charging).

Besar ggl yang dihasilkan satu sel aki adalah 2 Volt. Sebuah aki mobil terdiri dari enam buah aki yang disusun secara seri, sehingga ggl totalnya adalah 12 Volt. Accu mencatu arus untuk menyalakan mesin (motor dan mobil dengan menghidupkan dinamo stater) dan komponen listrik lain dalam mobil. Pada saat mobil berjalan aki dimuati (diisi) kembali sebuah dinamo (disebut dinamo jalan) yang dijalankan dari putaran mesin mobil atau motor.

Pada aki kendaraan bermotor, arus yang terdapat di dalamnya dinamakan dengan kapasitas aki yang disebut Ampere-Hour/AH (Ampere-jam). Contohnya untuk aki dengan kapasitas arus 5 AH, maka aki tersebut dapat mencatu arus 5 Ampere selama 1 jam atau 1 Ampere selama 5 jam. (William D, 1978)

2.2.1 Jenis –jenis Baterai

Baterai yang banyak dipakai pada kendaraan adalah tipe secondary cell (storage battery atau galvanic battery) yang memungkinkan untuk dapat mengeluarkan dan mengisi kembali muatan listriknya. (Carroll, 1980)

1. Lead-Acid Battery

Jenis battery ini terdiri dari lead peroxide (PbO_2) sebagai pelat electrode (anode) positive (+), discharge lead (Pb) sebagai pelat electrode (cathode) negative (-) dan larutan asam belerang (H_2SO_4) sebagai electrolyte. Kelebihan dan kelemahannya adalah sebagai berikut.

A. Kelebihan

- Tingkat bahanya lebih sedikit dibandingkan jenis lainnya. Karena reaksi kiminya terjadi pada temperature ruang.
- Dapat di andalkan dan harganya lebih murah (Carroll,1980)

B. Kelemahan

- Energinya sekitar 40Wh/kgf. Relative lebih rendah dari jenis lainnya.
- Umurnya kurang tahan lama dan memerlukan waktu pengisian kembali lama.(Carroll,1980)

2. Alkali Battery (Ni-Cd Battery)

Ada dua battery alkali yaitu Ni-Fe battery dan Ni-Cd battery. Di-nickel-hydroxide [$2\text{NiO}(\text{OH})$] dan besi (Fe) digunakan pada Ni-Fe battery dan di-nickel hydroxide [$2\text{NiO}(\text{OH})$] dan cadmium (Cd) digunakan pada Ni-Cd battery sebagai pelat anode (+) dan pelat cathode (-).

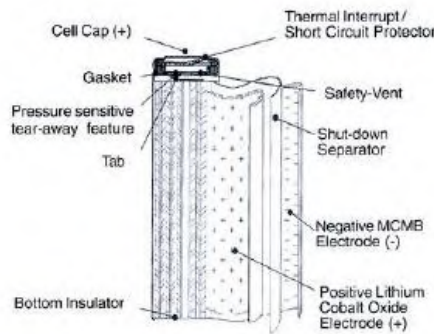
Untuk electrolyte digunakan potassium hydroxide (KOH). Electrolyte digunakan hanya untuk menggerakkan electrons bukan untuk reaksi kimia untuk proses charging dan discharging, sehingga gravitasnya harus tidak berubah. Penutupnya terbuat dari lembar baja yang dilapisi oleh nikel atau plastik.

Besarnya tegangan sekitar 1.2Volt per cell, dan tegangan dalam keadaan diisi adalah sekitar 1.35Volt per cell. Tegangannya akan turun ke 1.1Volt pada saat dipakai, namun akan meningkat kembali sampai ke 1.4~1.7V0lt pada saat diisi kembali. (William D, 2013)

3. Lithium- Ion Battery

lithium, dalam selini, ada dalam matriks kimia dalam elektroda positif dan negatif dan elektrolit. Sel mendapatkan namanya dari ion lithium. karena tidak ada lithium methalic dalam

sistem. reaksi dan kapasitas untuk LiCoO_2 tercantum di persamaan 2.1 dan terlihat dalam skema pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema sell baterai Litium Ion (Peak,2008).



Adapun kelebihan dan kekurangan dari baterai *Lithium Ion* (*Li-ion*) di bandingkan dengan baterai jenis lain yaitu

A. Kelebihan

- Saat ini mengandung LiCoO_2 yang memiliki kepadatan energi yang sangat tinggi dan stabil
- tingkat polusi sangat rendah
- tingkat keamanan tinggi karena bukan mengandung Lithium metal
- siklus pembaharuan tinggi sekitar 400-500 cycles (80% dari kapasitas awal)
- kecepatan untuk charge sangat cepat.

B. Kekurangan

- Arus yang dihasilkan karbon amorf atau coke memiliki kapasitas yang lebih rendah
- Apabila proses pengepakannya buruk maka baterai akan meledak dan terbakar.

(Torres, 2010)

2.2 Metode Charging

Terdapat bermacam-macam metode charging yang bisa digunakan untuk rangkaian charging. Metode tersebut berbeda dalam cara pemberian energi listrik dari catu daya ke accumulator atau battery. Metode-metode tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

1. *Constant Voltage*

Pada dasarnya adalah berupa DC power supply biasa. Terdiri dari transformator step down dengan rangkaian penyearah untuk memberikan tegangan DC yang digunakan untuk mengisi battery. Metode seperti ini sering digunakan pada pengisi daya pada aki mobil murah. Selain itu, battery Lithium-Ion juga menggunakan metode constant voltage walaupun sering ditambahkan rangkaian yang kompleks untuk melindungi battery dan penggunaanya

2. *Constant Current*

Metode constant current memvariasikan nilai tegangan sehingga didapatkan besarnya arus yang konstan. Metode ini biasanya digunakan untuk mengisi daya pada nikel-cadmium dan nikel-metal hibrida atau biasa disebut baterai.

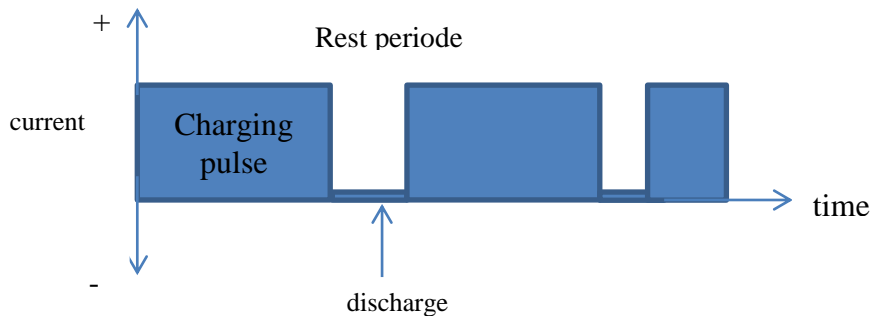
3. *Taper Current*

Metode taper current mengisi daya battery dari sumber tegangan konstan. Arus akan berkurang seiring dengan terbentuknya ggl (gaya gerak listrik) pada tegangan sel. Ada bahaya serius yaitu kerusakan sel jika pengisian dilakukan berlebihan. Untuk menghindari hal ini, laju pengisian dan durasi pengisian diberi batasan. Metode ini hanya cocok untuk baterai SLA. (Chatzakis, 2013)

4. *Pulse Charged*

Metode ini bekerja dengan mengirimkan arus listrik berbentuk pulsa pada baterai. Tingkat pengisian (berdasarkan rata-rata arus) dapat tepat dikendalikan dengan memvariasikan lebar pulsa biasanya sekitar satu detik. Selama proses pengisian, terdapat jeda kosong kira-kira sebesar 20 sampai 30 milidetik. Jeda ini diberikan untuk memungkinkan terjadinya reaksi kimia pada baterai untuk menstabilkan elektroda.

Waktu jeda tersebut juga dapat menghindarkan proses pengisian dari efek-efek yang tidak diinginkan seperti timbulnya gelembung gas, timbulnya kristal dan passivasi.



Gambar 2.2 pulsa arus pada method pulsa charging (Chatzakis, 2013)

5. *Burp Charged*

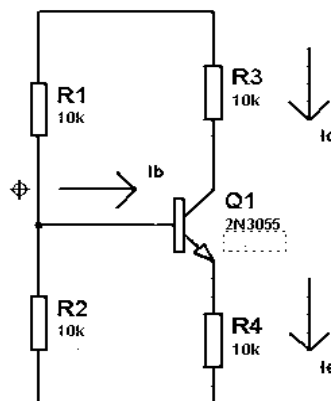
Metode ini merupakan kebalikan dari metode pulsed charged. Pengisian terjadi dengan menggunakan pulsa negatif pada baterai.

6. *Trickle Charged*

Metode ini dirancang untuk mengimbangi debit daripada baterai. Tingkat pengisian disesuaikan dengan frekuensi debit baterai yang akan diisi. Metode ini tidak cocok untuk beberapa jenis baterai yang rentan akan kerusakan akibat pengisian yang berlebihan, misalnya NiMh dan Lithium.(Chatzakis, 2013)

2.3 Penguat Transistor

Salah satu jenis penguat transistor adalah penguat common emitter atau emitor ditanahkan. Seperti pada gambar 2.3 :



Gambar 2.3 Aliran arus penguat transistor

Persamaan tegangan untuk rangkaian gambar 2.3 menurut hukum kirchoff adalah

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \dots\dots\dots (2.1)$$

Sedangkan arus kolektor : $I_C = \beta I_B$ Dan arus yang mengalir di emitor adalah :

$$\begin{aligned} I_E &= I_B + I_C \\ &= I_B + \beta I_B \\ &= (1 + \beta) I_B \dots\dots\dots (2.2) \end{aligned}$$

$$I_E = I_E = \beta I_B \text{ apabila } \beta \gg 1$$

Dengan demikian persamaan tegangan untuk rangkaian gambar 2.1 adalah :

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C (R_E + R_C) \dots\dots\dots (2.3)$$

Arus basis $I_B = R_B/R_B$, dengan V_B = tegangan pada basis,

$$R_B = R_1 // R_2 = R_2 R_1 / (R_1 + R_2) \dots \dots \dots (2.4)$$

I_C maksimum dapat diperoleh dengan menerapkan syarat $V_{CE} = 0$, sehingga :

$$\begin{aligned} V_{CC} &= V_{CE} + I_C(R_E + R_C) \\ &= I_C(R_E + R_C) \dots \dots \dots (2.5) \end{aligned}$$

Dan

$$I_C = V_{CC} / (R_E + R_C) \dots \dots \dots (2.6)$$

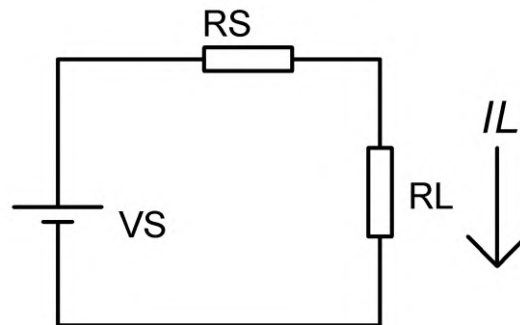
(Indarto, Bachtera, dkk. 1993).

2.4 Dasar Dasar Rangkaian Sumber Arus

Sumber arus adalah suatu rangkaian yang dapat memberikan arus konstan tanpa terpengaruh oleh perubahan beban. (Indarto. 1993).

2.4.1 Sumber Arus Sederhana

Sumber arus yang paling sederhana terdiri dari sumber tegangan dan hambatan yang dihubungkan secara seri. Seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 2.4 rangkaian sumber arus sederhana

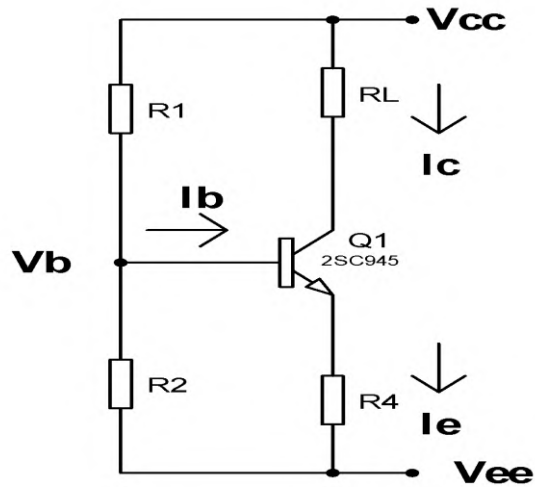
Arus yang mengalir dalam rangkaian pada gambar 2.4 adalah $I_L = \frac{V_s}{R_s + R_L}$, apabila $R_s \gg R_L$, maka R_L dapat diabaikan terhadap R_s , sehingga $I_L \cong \frac{V_s}{R_s}$ dari persamaan ini terlihat bahwa I_L tidak berubah apabila ada perubahan R_L selama $R_L \ll R_s$, karena I_L bergantung pada R_s saja.

(Kim, Insoo and Choi, Kyusun. 2011).

2.4.2 Sumber Arus Menggunakan Transistor

Kelemahan sumber arus sederhana adalah keterbatasan besarnya arus karena hambatan R_s yang harus dipasang. Kelemahan ini dapat

dikurangi dengan menggunakan transistor seperti sekema rangkaian berikut ini :



Gambar 2.5 rangkaian sumber arus dengan transistor

Pada rangkaian seperti gambar ... berlaku persamaan :

$$V_{CC} = I_C R_L + V_{CE} + I_E R_E \dots \dots \dots (2.7)$$

Sedangkan arus yang mengalir di emitor :

$$I_E = (\beta + 1) I_B \sim \beta I_B \sim I_C$$

Sehingga

$$V_{CC} = I_C (R_L + R_3) + V_{CE} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan demikian :

$$I_E = \frac{V_E}{R_3} = \frac{V_b - V_{BE}}{R_3} = \frac{V_B - 0.6}{R_3} \dots \dots \dots (2.9)$$

Besar V_B dapat diperoleh dari :

$$V_B = \frac{R_2 \times V_{CC}}{R_1 + R_2} \dots \dots \dots (2.10)$$

Karena R_1 dan R_2 membentuk pembagi tegangan dengan demikian $I_E \sim I_C$, hanya bergantung pada V_B dan R_E saja.

Batas maksimum R_L dapat diperoleh dari persamaan

$$V_{CC} = I_C (R_L + R_3) + V_{CE} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan syarat I_C maksimum bila $V_{CE} \cong 0$ yaitu transistor dalam keadaan jenuh. Dengan demikian persamaan tersebut menjadi :

$$V_{CC} = I_C(R_L + R_3) \dots \dots \dots (2.12)$$

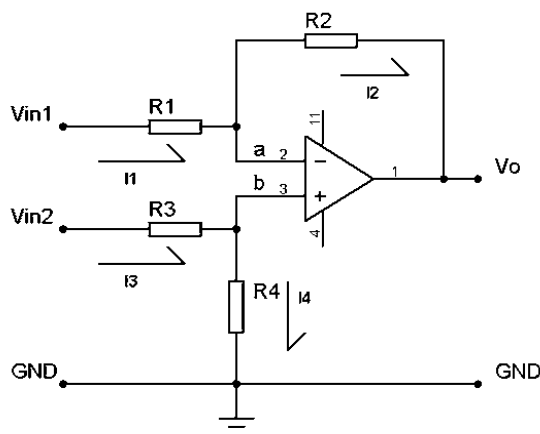
Dan besar R_L maksimum adalah :

$$R_L = \frac{V_{CC} - I_C R_E}{I_C} \dots \dots \dots (2.13)$$

Kendala lain adalah I_C maksimum adalah kemampuan disipasi transistor yang digunakan. (Kim, Insoo and Choi, Kyusun. 2011)

2.5 Rangkaian Selisih

Rangkaian selisih adalah rangkaian penguat yang mampu melakukan proses pengurangan. Sesuai dengan namanya, keluaran penguat merupakan selisih dari kedua masukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6



Gambar 2.6 konfigurasi rangkaian selisih

Salah satu sifat op-amp adalah hambatan masukan sangat besar, sehingga arus untuk rangkaian gambar 2.6 adalah :

$$I_{ab} = 0$$

$$I_1 = I_2$$

$$I_3 = I_4$$

Menurut persamaan kirchoff persamaan tegangan yang berlaku untuk rangkaian tersebut :

$$\begin{aligned} V_1 &= I_1 R_1 + I_2 R_2 + V_0 \\ &= I_1 (R_1 + R_2) + V_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= I_3 R_3 + I_4 \\ &= I_3 (R_3 + R_4) \end{aligned}$$

$$V_0 = I_1 R_2 + I_2 R_4$$

$$I_1 = \frac{V_0 - V_1}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_3 + R_4}$$

$$\begin{aligned} V_0 &= I_2 R_2 + I_4 R_4 \\ &= I_2 R_2 + I_4 R_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_0 \left(1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) &= \frac{R_3}{R_3 + R_4} V_2 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1 \\ V_0 &= \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_2 - \frac{R_2}{R_1} V_1 \dots \dots \dots (2.14) \end{aligned}$$

Agar $V_0 = V_2 - V_1$, maka dibuat $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$, sehingga :

$$V_0 = \frac{R + R}{R} \frac{R}{R + R} V_2 - \frac{R}{R} V_1$$

$$V_0 = V_2 - V_1 \dots \dots \dots (2.15)$$

Dengan demikian keluaran rangkaian merupakan selisih dari kedua masukan. (Mancini, Ron. 2002).

2.6 Quick Charge

Cara ini biasanya menggunakan alat quick charger untuk mempercepat waktu proses pengisian. Quick charge tidak menimbulkan reaksi kimia karena dalamnya bahan elektroda, untuk itu perlu dilakukan maintenance charge setelah proses quick charge selesai.

Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian accumulator, dapat menggunakan perhitungan pada persamaan (2.16 dan persamaan (2.17)

- Lama Pengisian Arus

$$T_a = \frac{Ah}{A} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan:

T_a = Lama pengisian arus (jam)

Ah = Besarnya kapasitas accumulator (Ampere Hours)

A = Besarnya Arus Pengisian ke Accumulator (Ampere)

- Lama Pengisian Daya

$$T_d = \frac{dayaAh}{dayaA} \dots \dots \dots (2.17)$$

dengan:

T_a = Lama pengisian Daya (jam)

Daya Ah = Besarnya daya yang didapat dari Ah dengan Perkalian Tegangan accumulator (Watt Hours)

Daya A = Besarnya daya yang didapat dari perkalian Arus Pengisian ke Accumulator dengan tegangan Accumulator (Watt).

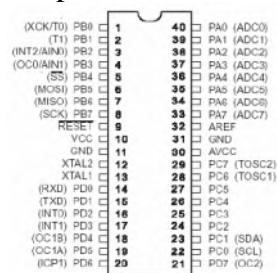
(Steeven,2013)

2.7 Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler ATmega 32 merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang dibuat oleh perusahaan Atmel berbasis RISC (Reduce Instruction Set Computer) yang mempunyai lebar bus data 10 bit. Fitur-fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega32 adalah (Bejo, 2008):

- 1) 130 macam instruksi, yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- 2) 32 x 8 bit register serba guna.
- 3) Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan *clock* 16 MHz.
- 4) 8 kbyte flash memory yang memiliki fasilitas *In-System Programming*.
- 5) 512 byte internal EEPROM.
- 6) 512 byte SRAM.
- 7) Programming Lock, fasilitas untuk mengamankan kode program.
- 8) 2 buah timer/counter 8 bit dan 1 buah timer/counter 16 bit.
- 9) 4 channel output PWM.
- 10) 8 channel ADC 10 bit.
- 11) Serial USART.
- 12) Master/Slave SPI serial interface.
- 13) Serial TWI atau I2C.
- 14) On-chip analog comparator.

Mikrokontroler ATmega32 memiliki 40 pin dengan fungsi yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Pin-pin Mikrokontroler ATmega32 (Bejo A,2008)

Fungsi pin-pin dari mikrokontroler ini secara umum adalah (Heryanto dan Wisnu, 2008):

- 1) Power, VCC dan GND (*ground*).

- 2) PORTA (PORT₀₋₇) merupakan pin IO dua arah dan berfungsi khusus sebagai pin masukan ADC.
- 3) PORTB(PORTB₀₋₇) merupakan pin IO dua arah dan fungsi khusus sebagai pin timer/counter, komparator analog dan SPI.
- 4) PORTC(PORTC₀₋₇) merupakan pin IO dua arah dan fungsi khusus sebagai pin serial TWI.
- 5) PORTD(PORTD₀₋₇) merupakan pin IO dua arah dan fungsi khusus sebagai pin interrupt dan serial USART.
- 6) RESET adalah pin untuk mereset mikrokontroler
- 7) XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin untuk *external clock*.
- 8) AVCC adalah pin masukan untuk tegangan ADC.
- 9) AREF adalah pin masukan untuk tegangan referensi eksternal ADC.

Penggunaan ADC sangat banyak terutama dalam bidang pengukuran. Banyak keluaran sensor yang masih berupa analog yang harus dikonversi ke digital agar dapat diolah oleh mikrokontroler. Mikrokontroler ATmega32 memiliki fasilitas ADC yang sudah *builtin* dalam chip. Dengan adanya ADC internal ini kita tidak akan direpotkan lagi dengan kompleksitas hardware saat membutuhkan proses pengubahan sinyal dari analog ke digital seperti yang harus dilakukan jika kita memakai komponen IC ADC eksternal. Fitur dari ADC ATmega32 adalah sebagai berikut:

- 1) resolusi 10 bit
- 2) waktu konversi 65 – 260 μs
- 3) 8 channel input
- 4) 0 - VCC input ADC
- 5) 3 mode pemilihan tegangan referensi
- 6) didukung 16 macam penguat berbeda

ADC mikrokontroler ATmega8535 ini bekerja dengan teknik successive approximation. Rangkaian internal ADC ini memiliki catu daya tersendiri yaitu pin AVCC. Tegangan AVCC harus sama dengan VCC $\pm 0,3$ V. Untuk mengatur mode dan cara kerja ADC dapat dilakukan melalui register ADMUX, ADCSRA, ADCL, ADCH, dan SFIOR. Data hasil konversi dirumuskan sebagai berikut:

- Untuk konversi tunggal

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}} \quad (2.18)$$

dengan V_{IN} : tegangan masukan pada pin yang dipilih

V_{REF} : tegangan referensi yang dipilih

- Untuk penguat beda

$$ADC = \frac{(V_{POS} - V_{NEG}) \cdot GAIN \cdot 512}{V_{REF}} \quad (2.19)$$

dengan V_{POS} : tegangan masukan pada pin positif

V_{NEG} : tegangan masukan pada pin negative

V_{REF} : tegangan referensi yang dipilih

$GAIN$: faktor pengutan

Universal Synchronous Asynchronous Serial Receiver Transmitter (USART) juga merupakan salah satu mode komunikasi serial yang dimiliki oleh ATmega32. USART merupakan sistem komunikasi yang memiliki fleksibilitas tinggi sehingga dapat digunakan untuk melakukan transfer data baik antar mikrokontroler maupun dengan modul-modul eksternal termasuk PC yang memiliki fitur UART. USART memungkinkan transmisi data baik secara sinkron maupun asinkron sehingga dengan demikian USART pasti kompatibel dengan UART. Sistem USART ATmega32 memiliki beberapa keunggulan yaitu:

- 1) operasi *fullduplex*
- 2) mode operasi sinkron dan asinkron
- 3) kecepatan transmisi mencapai Mbps
- 4) mendukung komunikasi multiprosesor

Universal Synchronous Asynchronous Serial Receiver Transmitter (USART) juga merupakan salah satu mode komunikasi serial yang dimiliki oleh ATmega8535. USART merupakan sistem komunikasi yang memiliki fleksibilitas tinggi sehingga dapat digunakan untuk melakukan transfer data baik antar mikrokontroler maupun dengan modul-modul eksternal termasuk PC yang memiliki fitur UART. USART memungkinkan transmisi data baik secara sinkron maupun asinkron sehingga dengan demikian USART pasti kompatibel dengan UART. Sistem USART ATmega32 memiliki beberapa keunggulan yaitu:

- 1) operasi *fullduplex*
- 2) mode operasi sinkron dan asinkron
- 3) kecepatan transmisi mencapai Mbps
- 4) mendukung komunikasi multiprosesor

Pada mikrokontroler ATmega32 secara umum pengaturan mode komunikasi baik sinkron maupun asinkron adalah sama. Perbedaannya hanya terletak pada sumber *clock* saja. Jika pada mode asinkron masing-masing peripheral memiliki sumber *clock* sendiri maka pada mode sinkron hanya ada satu sumber *clock* yang digunakan secara bersama-sama. Dengan demikian secara *hardware* untuk mode asinkron hanya membutuhkan dua pin yaitu TXD dan RXD sedangkan untuk mode sinkron harus tiga pin yaitu TXD, RXD, dan XCK. Untuk mengatur mode dan prosedur komunikasi USART dilakukan melalui register UCSRA, UCSRB, UCSRC, UBRRH, UBRL, dan UDR (Bejo, 2008).

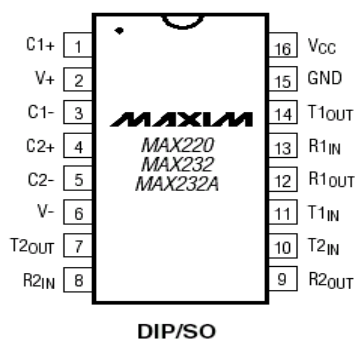
2.8 Komunikasi Serial RS232

Metode transmisi data serial dapat berupa sinkron maupun asinkron. Pada transmisi sinkron, data dikirim dalam blok dengan kecepatan tetap, dimana awal

dan akhir dari blok diberi tanda berupa byte atau bit tertentu. Sedangkan pada transmisi asinkron setiap satu byte data terdiri dari 1 bit yang mengidentifikasi awal byte data dan 1 atau 2 bit sebagai akhir byte data. Pada saat tidak ada data dikirim, jalur sinyal akan *high* atau *mark*. Awal byte ditandai dengan sinyal *low* atau *space* selama satu waktu bit (*bittime*) dan bit data kemudian dikirim sesudahnya dimulai dari orde terendah (LSB) sampai orde tertinggi (MSB).

Setelah data bit adalah parity bit yang dapat berupa parity ganjil atau genap atau tanpa memakai parity. Fungsi bit parity adalah untuk memeriksa ada tidaknya kesalahan pada data yang diterima. Bit yang terakhir adalah bit stop, dimana jalur sinyal diubah menjadi *high* atau *mark* paling sedikit 1 atau 2 bit. *Baudrate* atau kecepatan transfer data serial didefinisikan sebagai 1/(waktu 1 bit). *Baudrate* yang sering digunakan adalah 110, 300, 1200, 2400, 4800, 9600, dan 19200 baud.

Pada dasarnya transmisi serial asinkron memerlukan protokol perangkat keras. Salah satu protokol standar yaitu RS232 yang dapat digunakan sebagai aturan dalam pertukaran data antar komputer maupun dengan perangkat lain. Secara perangkat keras, standar ini ditunjang oleh *Asynchronous Communication Adapter* dengan komponen utama 8250 UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*). UART berfungsi untuk mengubah data paralel menjadi serial dan sebaliknya. Hubungan antar komputer dengan peralatan lain mengikuti standar RS232 dinamakan *crossover* atau sering disebut *nullmodem*. (Setiawan,2009).



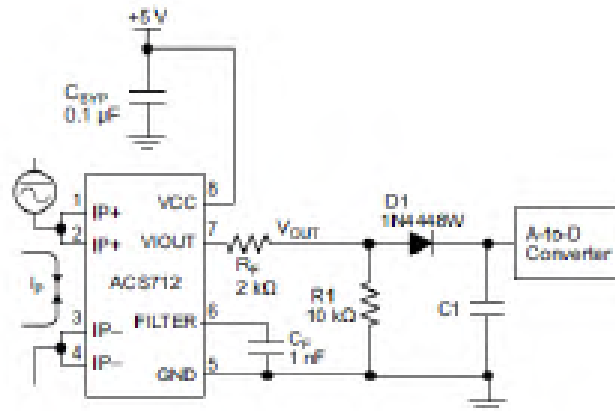
Gambar 2.8. Konfigurasi IC MAX232(Setiawan,2009)

IC MAX232 pada Gambar 2.8 merupakan suatu IC tambahan dalam suatu rangkaian aplikasi komunikasi serial. Piranti ini digunakan untuk mengkonversi tingkat tegangan TTL ke RS232 atau sebaliknya. Dalam dunia komputer, tingkat tegangan RS232 sangat jauh berbeda dengan tingkat TTL. Jika TTL bekerja pada tingkat tegangan 0 V sampai 5 V, dengan tegangan sekitar 0 V dianggap sebagai logika “0” dan tegangan sekitar 5 V dianggap sebagai logika “1”. Sedangkan untuk tingkat RS232, tegangan kerjanya antara -15 V sampai +15 V dengan representasi logika “0” untuk tegangan +3 V sampai +15 V, sedangkan logika “1” untuk tegangan -15 V sampai -3 V, untuk itu diperlukan piranti khusus yang

digunakan untuk konversi tingkat tegangan TTL ke RS23. Berikut adalah model IC MAX232.

2.9 ACS712

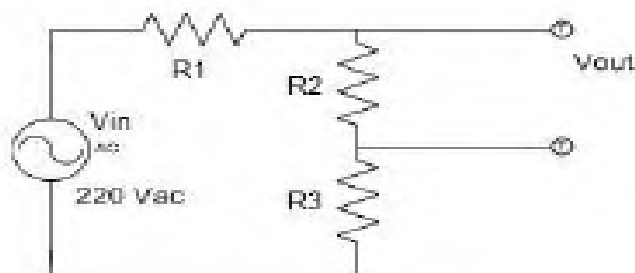
ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang mana berguna untuk sensor arus menggantikan trafo arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor efek hall lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik di sekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Nilai variabel dari sensor ini merupakan input untuk mikrokontroller yang kemudian diolah. Keluaran dari ACS712 masih berupa sinyal tegangan AC, agar dapat diolah oleh mikrokontroller maka sinyal tegangan AC ini di searahkan oleh rangkaian penyearah. Seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2.9 Contoh aplikasi dari rangkaian sensor arus ACS712

2.10 Sensor Tegangan

Untuk mengambil sinyal tegangan AC dari plant yang ada agar bisa dibaca oleh mikrokontroller maka sinyal tegangan AC tersebut harus dicuplik dan disearahkan kemudian dimasukkan ke ADC internal mikrokontroller. Rangkaian sensor tegangan kali ini menggunakan prinsip pembagi tegangan, seperti gambar dibawah ini.



Gambar.2.10 Sensor tegangan menggunakan prinsip pembagi tegangan.

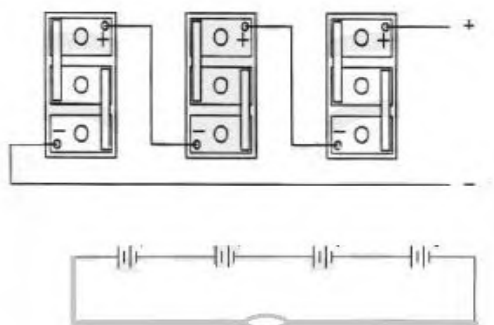
keluaran dari sensor tegangan ini dirancang mempunyai 2 keluaran yakni keluaran berupa tegangan AC dan tegangan DC yang mana keluaran tegangan DC digunakan untuk dimasukkan ke ADC mikrokontrolle untuk diolah, sedangkan keluaran tegangan AC dari sensor tegangan digunakan untuk dimasukkan ke rangkaian pengisian Baterai.

2.11 Rangkaian Baterai

Dikarenakan tegangan baterai per sel terbatas, maka perlu untuk mendapatkan solusi agar tegangan baterai dapat memenuhi atau sesuai dengan tegangan kerja peralatan yang maupun untuk menaikkan kapasitas dan juga keandalan pemakaian dengan merangkai beberapa baterai dengan cara:

1. Rangkaian Seri

Koneksi baterai dengan Rangkaian seri ini dimaksudkan untuk dapat menaikkan tegangan baterai sesuai dengan tegangan kerja yang dibutuhkan atau sesuai tegangan peralatan yang ada seperti ditunjukkan pada gambar 2.11 Sebagai contoh jika kebutuhan tegangan baterai pada suatu unit pembangkit adalah 220 volt maka akan dibutuhkan baterai dengan kapasitas 2,2 volt sebanyak 104 buah dengan dihubungkan secara seri. Kekurangan dari Rangkaian seri ini adalah jika terjadi gangguan atau kerusakan pada salah satu sel baterai maka suplai sumber DC ke beban akan terputus.

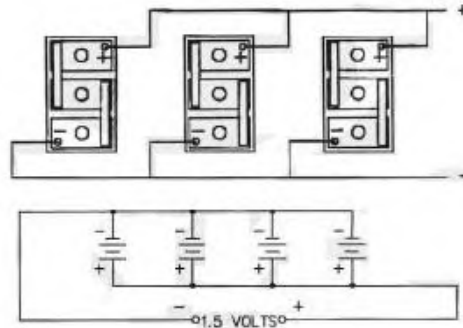


Gambar 2.11 Rangkaian baterai secara seri (Wahyu,2010)

2. Rangkaian Paralel

Koneksi baterai dengan Rangkaian paralel ini dimaksudkan untuk dapat menaikkan kapasitas baterai atau Ampere hour (Ah) baterai, selain itu juga dapat memberikan keandalan beban DC pada sistem seperti ditunjukkan pada gambar 2.10. Hal ini disebabkan jika salah satu sel baterai yang dihubungkan paralel mengalami gangguan atau kerusakan maka sel baterai yang lain

tetap akan dapat mensuplai tegangan DC ke beban, jadi tidak akan mempengaruhi suplai secara keseluruhan sistem, hanya kapasitas daya sedikit berkurang sedangkan tegangan tidak terpengaruh.



Gambar 2.12 Rangkaian baterai secara Paralel (Wahyu,2010)

3. Rangkaian Kombinasi

Pada hubungan kombinasi ini terbagi menjadi dua macam yaitu seri paralel dan paralel seri. Hubungan ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan ganda baik dari sisi kebutuhan akan tegangan dan arus yang sesuai maupun keandalan sistem yang lebih baik. Hal ini disebabkan karena hubungan seri akan meningkatkan tegangan sedangkan hubungan paralel akan meningkatkan arus dan keandalan sistemnya (Wahyu,2010).

BAB III

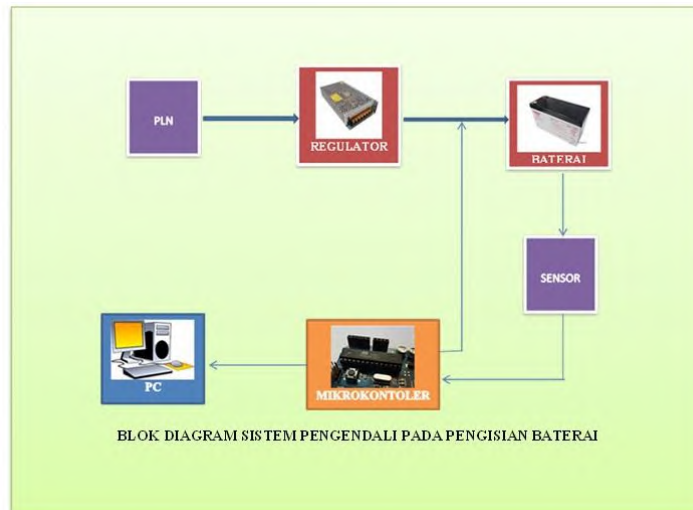
METODOLOGI PENELITIAN

Pada dasarnya prinsip pengisian muatan baterai adalah dengan cara mengalir baterai dengan arus listrik secara terus menerus. Pengisian dihentikan ketika tegangan baterai telah sampai pada tegangan maksimumnya (muatan penuh) atau sudah dirasa cukup untuk digunakan. Jika baterai telah mencapai tegangan maksimumnya tetapi tetap dilakukan pengisian maka akan menimbulkan kerugian atau pemborosan energi listrik serta akan terjadi pemanasan berlebihan pada baterai, sehingga umur baterai menjadi pendek. Untuk meminimalkan kerugian tersebut, maka dibutuhkan sistem pengisian yang dapat mengontrol jumlah arus yang masuk dalam proses pengisian baterai. Pengisian dengan mengontrol jumlah arus pengisian dengan arus tetap dikenal sebagai *Constant Current*.

Bab III kali ini membahas tentang perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) pada sistem pengisian baterai secara Constant Current. Hasil akhir yang diharapkan adalah perform pengisian baterai yang efektif dan efisien sesuai dengan karakteristik baterai. Perancangan perangkat keras (hardware) yang akan dijelaskan mengenai diskripsi sistem, spesifikasi sistem, kebutuhan sistem, dan desain sistem yang terdiri atas desain proses, desain data dan desain algoritma.

3.1 Skema Kerja

Dalam penelitian ini akan dikembangkan sistem kendali pengisian baterai dengan mengatur pemberian jumlah arus konstan pada saat pengisian baterai sesuai dengan Karakteristik baterai yang digunakan dalam penelitian. Pemberian jumlah arus konstan yang akan dikontrol oleh mikrokontroler berdasarkan input variabel tegangan dan arus baterai (accumulator). Inputan tersebut akan diproses pada perangkat lunak yang di desain untuk membuat keputusan dalam menentukan besarnya daya yang diberikan pada accumulator. Konfigurasi sistem kendali yang dibangun diperlihatkan dalam bentuk diagram blok pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Blok diagram sistem pengisian Baterai

3.2 Prosedur Kerja

Prosedur kerja pada penelitian kali ini dibagi menjadi tiga, yaitu prosedur pembuatan perangkat keras, prosedur pembuatan perangkat lunak dan prosedur pengujian sistem hasil rancangan. Masing- masing prosedur tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

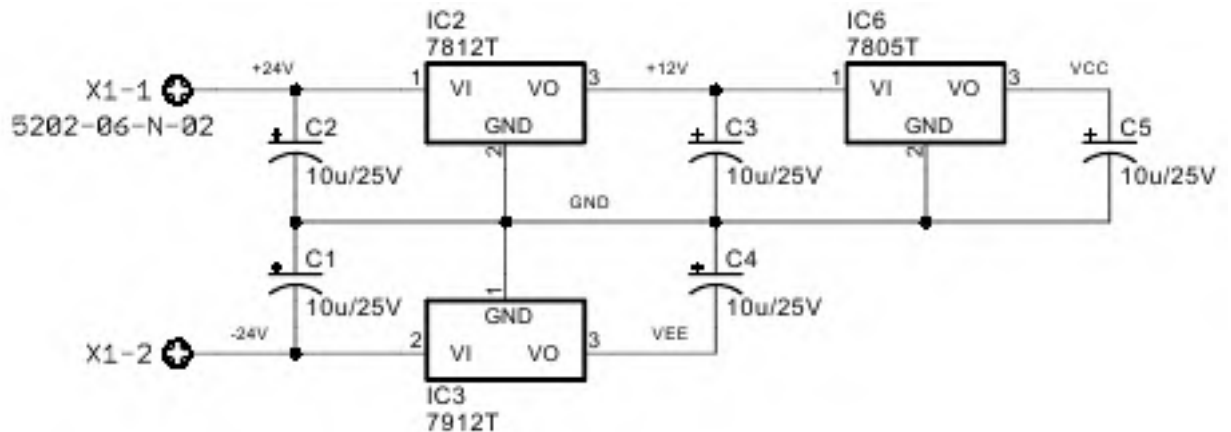
3.2.1 Perancangan Perangkat Keras

Pada prosedur Perancangan perangkat keras (hardware) pengisian baterai, masih dibagi menjadi beberapa bagian rangkaian penting dalam sebagai penunjang sistem sistem kerja pengisian baterai yang terdiri dari:

3.2.1.1 Rangkaian Catu daya

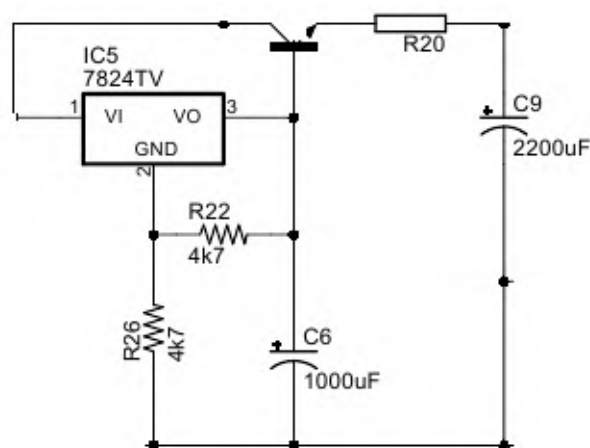
Rangkaian catu daya tegangan rendah DC yang dibuat terdiri atas transformator penurun tegangan, diode penyearah, kapasitor perata, dan rangkaian regulator. Transformator (trafo) dengan primer 220 dan sekunder CT-25 volt, kemampuan arusnya 10 Ampere. Output dari rangkaian catu daya ini memiliki tegangan +5V, +12 dan -12 V. Tegangan +5V digunakan untuk mencatu Mikrokontroller dan DAC0808. Catu daya +12V digunakan untuk sebagai V_{ref} dari rangkaian DAC0808 dan tegangan -12V digunakan untuk V_{EE} dari rangkaian DAC0808. Perancangan sumber tegangan +5V menggunakan regulator 7805, tegangan +12V menggunakan regulator 7812 sedangkan tegangan -12 V menggunakan regulator 7912

Diode penyearah digunakan untuk menyearahkan tegangan AC dari tegangan Trafo Sekunder. Skema rangkaian catu daya ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Catu daya Rangkaian Kendali

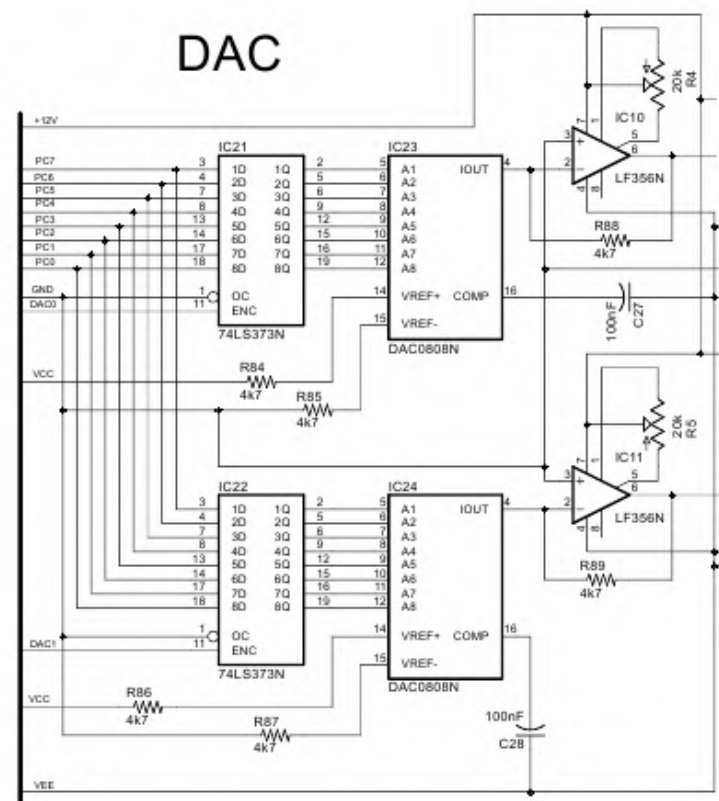
Tegangan yang dihasilkan oleh catudaya tadi belumlah stabil karena belum teregulasi, oleh karena itu dibutuhkan rangkaian regulasi yang bisa menyebabkan tegangan catu daya tersebut menjadi stabil. Untuk menyetabilkan tegangan digunakan regulator TIP3055, pada rangkaian regulator ini dipasang juga diberi kapasitor 100nF untuk menghilangkan derau frekuensi tinggi pada keluaran IC regulator. Rangkaian Regulator dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Rangkaian Regulator pada Catu daya

3.2.1.2 Rangkaian DAC (Digital To Analog Converter)

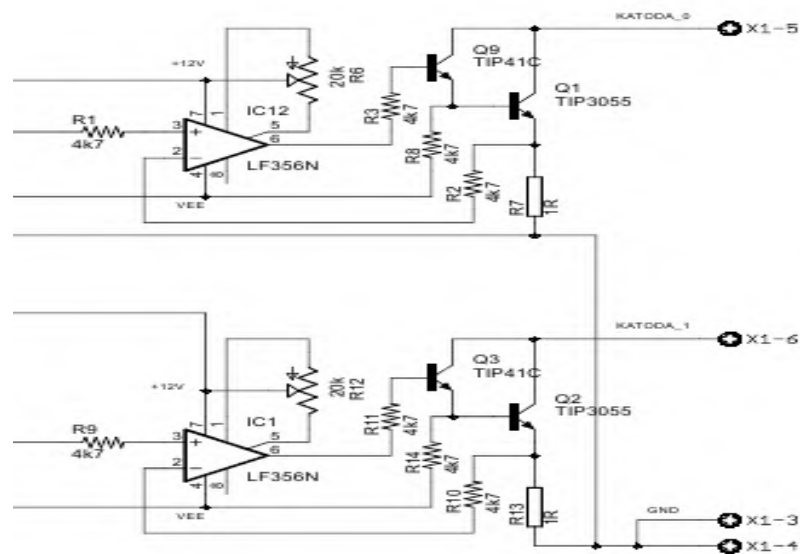
Rangkaian DAC ini mengkonversi besaran digital ke besaran analog. DAC yang digunakan adalah DAC0808 yang memiliki multiplaying 8 bit, keluaran dari converter ini berupa arus yang akan diubah menjadi tegangan. Agar keluaran berupa tegangan maka Konverter diumpankan pada penguat Op-Amp inverting (IC LM741) yang berfungsi sebagai Konverter arus ke tegangan. Sehingga keluaran dari IC LM741 sebagai tegangan masukan refrensi pada *Charging*. Pada rangkaian *DAC* yang dirancang menggunakan 2 buah DAC0808. Hal ini karena implemtasi yang dirancang menggunakan 2 buah sensor tegangan dan 2 sensor arus. Pada proses pengisian baterai pengontrol besarnya arus dan tegangan pengisian berasal dari rangkaian mikrokontroller yang berupa signal digital dan dikonversi menjadi signal analog sehingga dapat mengontrol besar arus. Rangkaian DAC dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Rangkain Digital Analog Converter

3.2.1.3 Rangkaian Sumber Arus

Rangkaian sumber arus adalah salah satu rangkaian yang memberikan arus konstan tanpa dipengaruhi perubahan dari beban, beda halnya dengan sumber tegangan tetap dimana rangkaian tersebut memberikan tegangan tetap tanpa terpengaruh oleh perubahan beban. Rangkaian sumber arus merupakan penerapan dari hukum kirchoff tentang arus. Pada rangkaian sumber arus kita dapat mengontrol arus yang akan diberikan pada proses pengisian sehingga kita dapat mengetahui karakteristik baterai dari pengisian serta dapat mengetahui dan mengontrol daya pada baterai sesuai dengan teori yang benar. Rangkaian sumber arus dapat dilihat pada Gambar 3.4 dimana terdapat sensor arus yang dapat langsung mengontrol arus maksimum yang akan diberikan pada baterai sehingga dapat mengetahui karakteristik baterai pada saat pengisian.

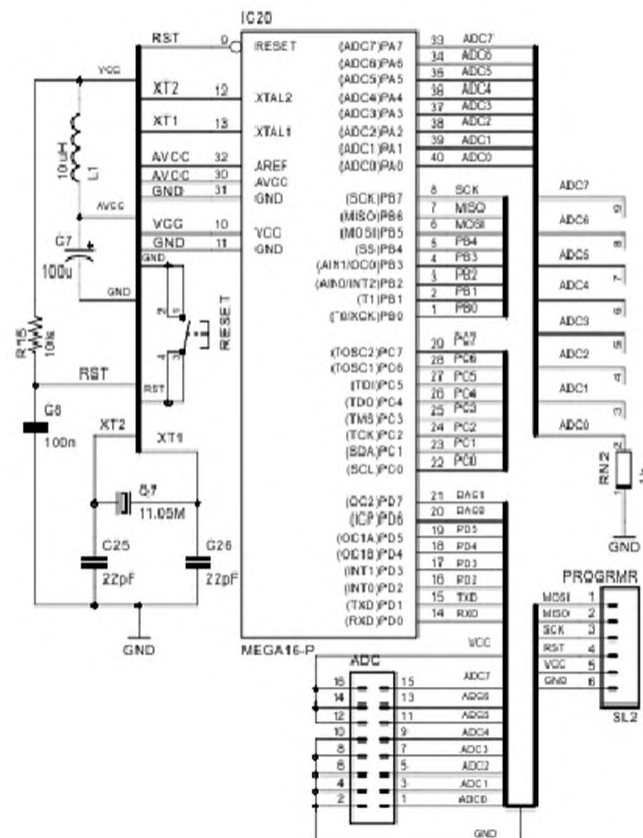


Gambar 3.4 Rangkaian Sumber Arus

3.2.1.4 Perancangan Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler ATmega32 diperlukan dalam penelitian ini sebagai perangkat kontroler untuk mengatur pengiriman data yang diakusisi dari sensor-sensor ke komputer terminal. Mikrokontroler ATmega32 ini juga memiliki ADC 10 bit yang dapat dimanfaatkan sebagai konverter analog ke digital. Mikrokontroler ini juga memiliki komunikasi serial sehingga dapat diinterfacekan secara serial dengan modul RF dalam proses pengiriman data

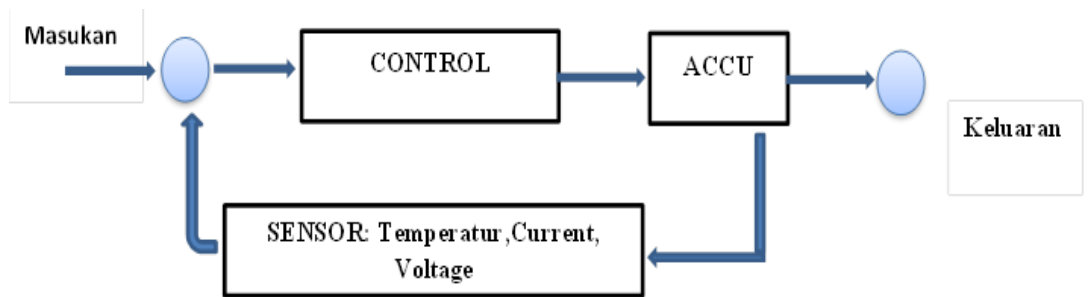
secara telimetri. Rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATmega32 terdiri dari dua bagian yaitu rangkaian clock yang berfungsi untuk mengatur kecepatan kerja dari mikrokontroler dan reset yang berfungsi untuk mereset sistem mikrokontroler secara manual. Rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATmega32 dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Rangkaian mikrokontroler ATmega32

3.2.1.5 Rancangan Sistem Pengisi Baterai

Sistem ini dirancang untuk mengontrol saat pengisian baterai secara paralel dan seri dengan metode Constant Current. Baterai yang digunakan lead acied Ion sebanyak 4 buah. Sistem kontrol pengisian baterai dilakukan oleh mikrokontroler dengan menggunakan sensor tegangan, arus, dan sensor temperatur untuk memonitoring serta mengontrol jumlah daya yang digunakan pada saat pengisian baterai secara Constant Current.

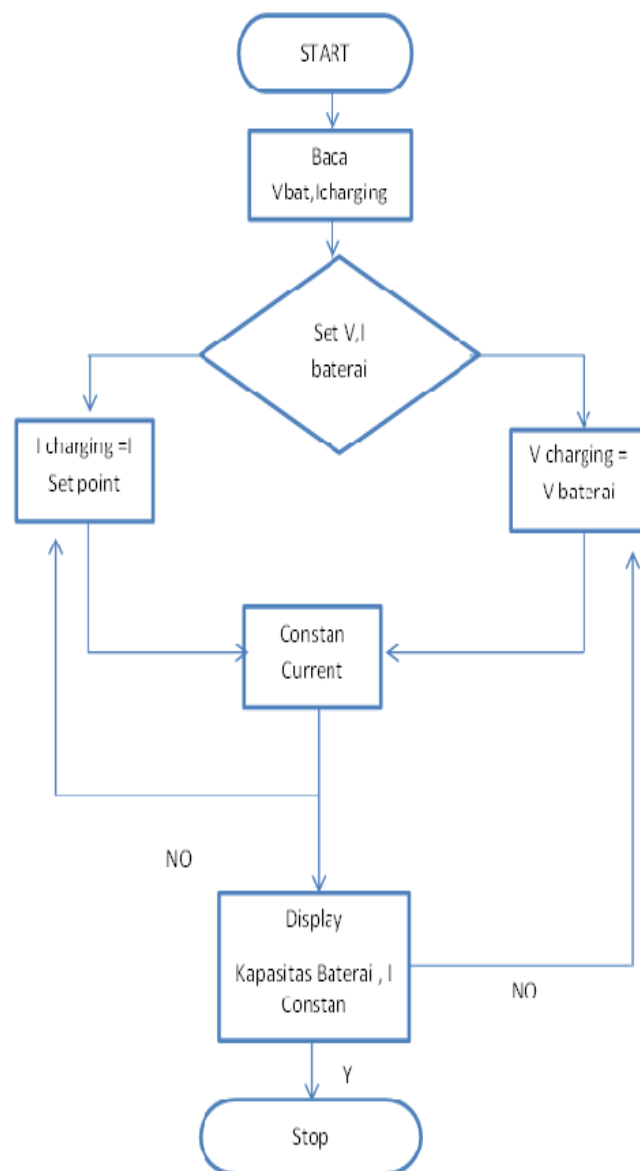


Gambar 3.6 sistem control baterai

Diharapkan pada saat pengisian baterai bisa terisi penuh dan sesuai dengan teori yang digunakan untuk menjaga karakteristik baterai serta pengisian secara cepat aman dan efisien. Dapat dilihat pada gambar 3.6 sistem pengontrolan pada sistem pengisian baterai. Inputan dalam bentuk arus dari rangkaian sumber arus yang dikontrol masuk pada rangkaian DAC dikonversi ke dalam bentuk tegangan untuk proses pengisian pada baterai. Hasil pembacaan berapa besarnya arus dan tegangan pada baterai oleh sensor saat pengisian dapat ditinjau pada tabel data yang ada pada perangkat lunak yang di rancang.

3.3 Perencanaan Perangkat Lunak

Berikut ini adalah algoritma yang digunakan dalam penerapan Constant Current Charging pada baterai. Pada gambar 3.7 menjelaskan bahwa jika pada proses awal tegangan baterai kita tentukan sesuai dengan kapasitas yang sekarang, maka proses pengisian baterai dengan mensetup arus secara konstan untuk metode pengisian baterai *constant current*. Pada tahap ini arus *charging* akan dijaga konstan sesuai dengan nilai *set-point* hingga tegangan baterai mencapai maksimal 15% lebih dari kapasitas penuhnya. Ketika nilai tegangan baterai mencapai 15% kapasitas penuh maka tegangan akan konstan secara sendirinya, jika arus tidak konstan maka kita harus mensetup dari awal. Kapasitas baterai harus sesuai dengan setup baterai charging jika pada proses pengisian kapasitasnya melebihi maka kita harus mensetup ulang. Jika semua berjalan sesuai akan ditampilkan dengan tampilan software Delphi



Gambar 3.7 Algoritma *charging* baterai

3.4 Parameter Penelitian

Pada penelitian ini memiliki beberapa Parameter yang digunakan untuk menunjang penelitian diantaranya Baterai Lead Acied 12 volt /5Ah sebanyak 3 buah baterai. Baterai ini digunakan untuk mengetahui sistem dan perangkat keras yang dirancang bekerja sesuai perangkat pengisian baterai pada umumnya. Pada penelitian kali ini juga menggunakan parameter susunan baterai untuk mengetahui kinerja pengisian baterai jika susunan baterai bukan hanya tunggal melainkan ada beberapa baterai yang disusun baik secara rangkain seri maupun rangkaian paralel

3.5 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data menggunakan dua konsep yaitu dari pengambilan data menggunakan konsep constant current (arus tetap) dan pengambilan data secara smart charging method.

3.5.1 Constan Current Method

Metode pengambilan data ini menggunakan arus tetap untuk mengisi baterai hingga penuh. Dimana arus dijaga agar tidak turun maupun naik sampai keadaan baterai sudah dalam keadaan penuh atau jenuh. Pada pengambilan data dilakukan pengambilan sesuai dengan variable yang digunakan yaitu arus dan susunan rangkaian baterai. Variable arus yang digunakan saat pengambilan data ini sebesar 0.5 Ampere dan 0.75 Ampere serta pada susunan rangkaian baterai digunakan rangkaian seri dan rangkaian parallel untuk baterai Lead Acied 12 Volt/ 5AH.

3.5.2 Smart Charging Method

Pengambilan data menggunakan metode Smart Charging ini merupakan metode untuk menjaga sell baterai agar tetap sehat dan berumur lama serta merupakan metode pengisian baterai efektif dan efisien sesuai dengan konsep Manajerial Pengisian Baterai. Konsep dasar pengisian baterai menggunakan metode ini yaitu membagi part per part jumlah arus yang yg digunakan tiap keadaan daya baterai (%) sehingga menjaga kesehatan sell baterai dan lebih efisien. Untuk 0 % -70% pengisian menggunakan arus 1 Ampere sedangkan untuk 71% - 89% arus pengisian menggunakan 0.75 Ampere dan 90%-100 % menggunakan arus konstan 0.3 Ampere.

Halaman sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan hasil penelitian tentang rancang bangun sistem pengisian baterai akan dibagi menjadi dua Sub pembahasan. Pembahasan pertama yaitu mengenai kalibrasi dan analisis karakteristik sensor yang digunakan pada sistem pengisian baterai untuk menunjang karakteristik implementasi yang dibangun. Pada bagian ini data hasil kalibrasi digunakan untuk mengetahui respon dari sensor, sensitivitas sensor dan kelinieran data pada pembacaan sensor dari implementasi. Kalibrasi ini dilakukan sebelum menguji implementasi terhadap parameter uji yang ditentukan dan menentukan karakteristik implementasi yang dirancang untuk penelitian, diharapkan hasil kalibrasi sesuai dengan data sheet sensor pada umumnya.

Pada pembahasan kedua, penelitian ini difokuskan pada penggunaan perangkat yang dirancang dengan memberikan variabel (parameter uji) yang berbeda seperti penggunaan arus dan susunan rangkaian beban (baterai). Pada penelitian kali dirancang sistem pengisian baterai yang menggunakan dua metode pengisian baterai yaitu pengisian secara arus konstan (*constan current*) dan pengisian dengan metode *Smart Charging*. Pemilihan metode pengisian baterai dengan menggunakan metode pengisian arus konstan dan *Smart Charging* tersebut memiliki tujuan untuk menghasilkan inovasi sistem pengisian yang aman dan sesuai dengan prinsip pengisian yang berbasis manajemen sistem yang aman dan efisien.

4.1 Kalibrasi dan Analisis Sensor pada Rancang Bangun Sistem Pengisian Baterai

Prosedur pertama yang dilakukan sebelum uji coba sistem pengisian baterai dilakukan adalah mengkalibrasi sensor yang dirancang dengan alat ukur standart. Alat ukur yang digunakan adalah Multimeter Digital DT9205A dan Termometer Digital. Kalibrasi merupakan hal yang sangat penting pada pengukuran dan pengaturan kontrol baik dalam skala laboratorium atau skala industri. Kalibrasi dapat didefinisikan sebagai perbandingan harga dari hasil inputan atau outputan dari instrument yang dirancang terhadap referensi kalibrator (alat ukur). Kalibrasi memberikan jaminan pada pembacaan data hasil alat atau implementasi yang dibangun dengan ketelitian dan jangkauan yang dispesifikasi dalam keadaan tertentu.

Sensor yang digunakan pada penelitian kali ini ada 3 jenis sensor yaitu, sensor arus (*ACS712*), sensor tegangan, dan sensor temperatur (*LM35*). Pengujian kalibrasi kali ini dilakukan dengan membandingkan data pembacaan software dengan alat ukur standart.

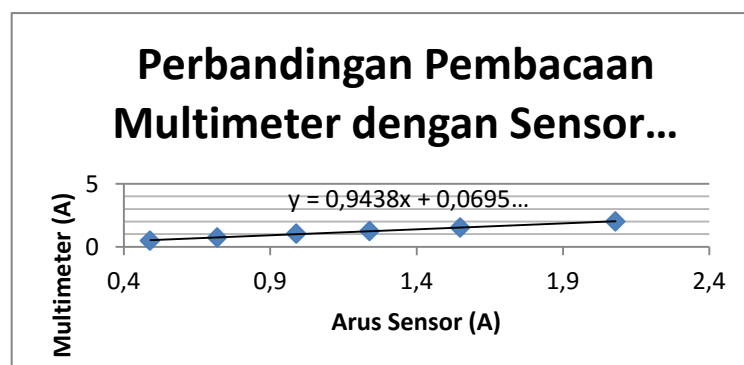
4.1.1 Kalibrasi Sensor Arus

Kalibrasi sensor arus dilakukan dengan menggunakan variabel arus yang dibuat tetap. Hasil dari kalibrasi ditunjukkan pada Tabel 4.1, dimana pada tabel 4.1 diperoleh kesalahan pembacaan sensor arus ACS712 diperoleh jangkauan sebesar 0.03. Nilai kesalahan pembacaan sensor terhadap nilai pembacaan Multimeter (*Kalibrator*) disebabkan karena sensitivitas, waktu awal pengambilan data, atau dikarenakan adanya *Noise* (derau) serta riak (*Ripple*) pada implementasi yang dibangun.

Tabel. 4.1 Hasil kalibrasi sensor ACS712 dengan Multimeter digital

Arus Sensor (AS)	Arus Multimeter (AM)	Kesalahan Pembacaan	Kesalahan Relatif	Koreksi Relatif
0.49A	0.5A	0.01	2 %	2.04 %
0.72A	0.75A	0.03	4 %	4.17 %
0.99A	1.04A	0.05	4,81%	5.05 %
1.24A	1.26A	0.02	1,59 %	1.61 %
1.55A	1.52A	0.03	1.97 %	1.94 %
2.08A	2.02A	0.06	2.97 %	2.88 %

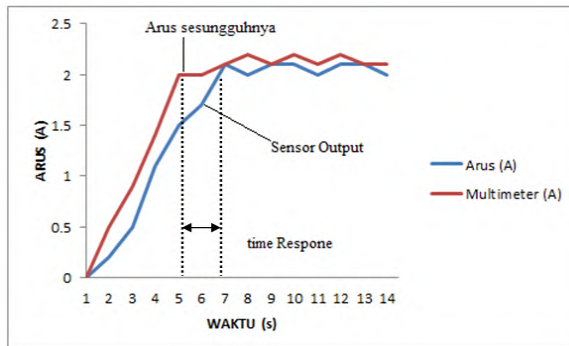
Hasil dari uji kalibrasi sensor yang memiliki jangkauan kesalahan rata 0.03 dimana memiliki kesalahan relative rata rata pembacaan sensor terhadap pembacaan data dari alat ukur sebesar 2.89 persen, maka dilakukan pengujian respon sensor terhadap adanya perubahan pada penggunaan implementasi yang dibangun. Hasil dari kalibrasi sensor ditunjukkan dari perbandingan pembacaan menggunakan multimeter dengan pembacaan arus pada sensor pada gambar 4.1



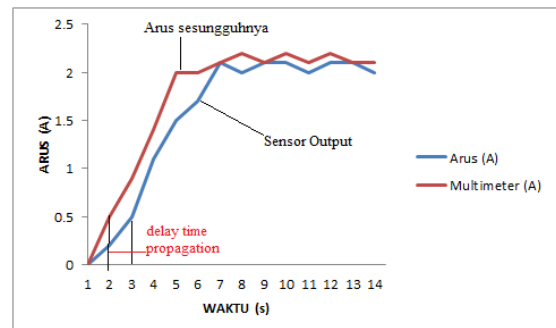
Gambar 4.1 Kurva perbandingan antara pembacaan menggunakan sensor dengan menggunakan multimeter Digital

Pada gambar 4.1 ditunjukkan bahwa setiap pembacaan arus naik satu satuan arus maka pada pembacaan multimeter akan bertambah atau bergeser 0.9348 pada kurva juga ditunjukkan bahwa koefisien determinasi (R^2) sebesar

0.998 dimana dapat disimpulkan data tersebut masih dikatakan bagus atau masih dalam skala linier



(a)



(b)

Gambar 4.2 Kurva karakteristik Respon dari sensor arus untuk arus uji 2 Ampere

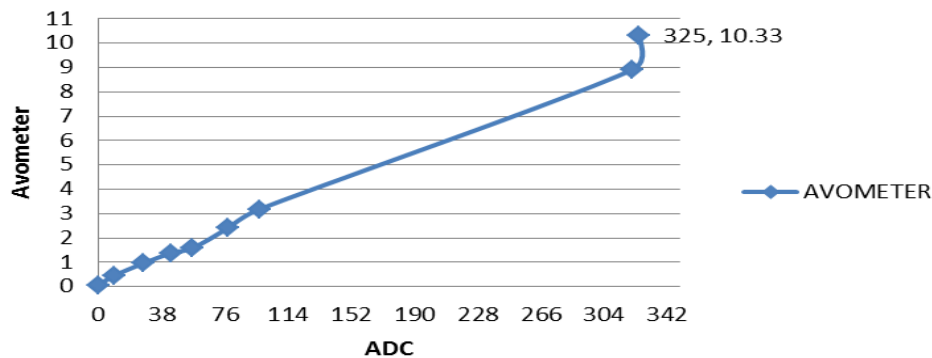
Pada Gambar 4.2a merupakan respon sensor terhadap perubahan arus yang terjadi pada sistem pengisian baterai dengan menggunakan arus uji 2 Ampere. Karakteristik sensor arus yang digunakan membutuhkan waktu 7 sekon untuk merespon terhadap perubahan arus menuju setpoint arus yang diinginkan. Waktu 7 sekon hanya pada saat mesin dinyalakan hingga mencapai arus tunak (*steady*). Pada proses menyala sampai 6 sekon pertama implemtasi belum memulai merekam data dikarenakan arus belum mencapai arus yang diinginkan.

Pada Kurva Gambar 4.2b merupakan kurva yang menjelaskan tentang waktu yang dibutuhkan sensor untuk menanggapi adanya perubahan sinyal arus utama. Pada umumnya perubahan waktu porpagasi ini berkaitan dengan beban induktif pada IC. Waktu propagasi ini masih bisa dikompensasikan. Waktu untuk menanggapi perubahan arus pada implemtasi ialah 2 sekon.

4.1.2 Kalibrasi Sensor Tegangan

Kalibrasi sensor tegangan ini dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil pembacaan sensor dengan alat ukur tegangan. Adapun resolusi pembacaan oleh mikrokontroler tersebut hingga 10 bit atau dalam bentuk decimal dapat membaca dari 0- 1023 bilangan bulat decimal. Dari hasil kalibrasi diperoleh data bilangan bulat decimal hasil pembacaan sensor yang memiliki kesebandingan dengan tegangan hasil pembacaan multimeter.

Dari hasil pembacaan resolusi ADC dan tegangan dapat ditampilkan pada Gambar 4.3. Pada kurva diperoleh persamaan regresi linier terhadap perubahan ADC. Persamaan garis pada Gambar 4.3 tersebut digunakan dalam pembuatan software pembacaan tegangan yang diinput pada software Delphi 7.



Gambar 4.3. Pada kurva persamaan regresi linier Sensor tegangan

Data perubahan resolusi ADC terhadap tegangan ditunjukkan pada Tabel 4.2. Kalibrasi sensor tegangan dilakukan dengan memberi inputan arus pada implementasi sehingga diperoleh tegangan output pada beban yang ditunjukkan pada data Tabel 4.3 yang membandingkan tegangan yang dibaca oleh sensor dan alat ukur referensi (kalibrator).

Tabel 4.2 Pembacaan Sensor Tegangan dan Resolusi

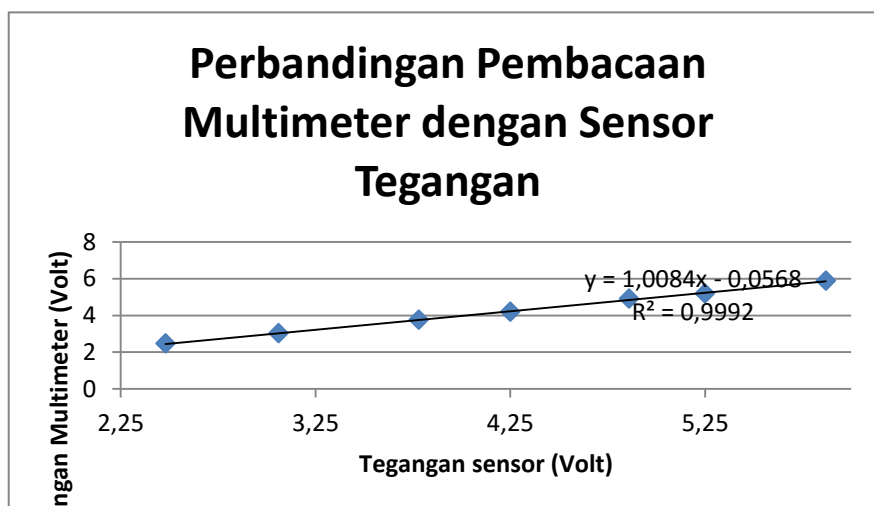
DATA	ADC	Tegangan (Volt)
1	0	0.05
2	10	0.46
3	27	0.95
4	44	1.38
....
158	321	8.91
159	325	10.33

Hasil kalibrasi tegangan diperoleh nilai rata –rata koreksi relatif sebesar 0.89 % dan nilai kesalahan dari pembacaan sensor tegangan rata –rata dari pengambilan data sebanyak 7 kali setpoint arus yang digunakan sebesar 0.7%. dengan hasil ini dinyatakan sensor tegangan pada implementasi yang dibangun memiliki ketepatan 99.3% dalam membaca data yang berubah pada tiap satu satuan tegangannya.

Tabel 4.3 Kalibrasi Sensor tegangan terhadap alat ukur yang digunakan (multimeter)

Sensor Tegangan (Volt)	Multimeter (Volt)	Kesalahan Pembacaan	Kesalahan Relatif	Koreksi Relatif
2.48 V	2.46	0.02	0.8 %	0.81 %
3.06	3.02	0.04	1.33 %	1.31 %
3.78	3.75	0.03	0.8 %	0.79 %
4.25	4.20	0.05	1.2 %	1.18 %
4.86	4.9	0.04	0.82 %	0.82 %
5.25	5.19	0.06	1.16%	1.14%
5.87	5.88	0.01	0.23 %	0.17 %

Dari data tabel 4.3 dapat dibuat grafik hubungan pembacaan sensor tegangan terhadap pembacaan alat ukur Multimeter digital. Dimana dari grafik tersebut dapat dianalisis tingkat kelinieran dan sensitivitas sensor yang digunakan. Pada gambar 4.4 dapat dilihat nilai dari koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.998 dimana data pembacaan dan data pembacaan multimeter mendekati nilai yang sama.



Gambar 4.4 Kurva perbandingan antara pembacaan menggunakan sensor dengan menggunakan multimeter Digital

Pada gambar 4.4 nampak kenaikan satu satuan tegangan pada pembacaan sensor, maka pada pembacaan multimeter akan naik sebesar 1.0084 Volt.

4.1.3 Kalibrasi Sensor Temperatur

Kalibrasi dilakukan untuk memperoleh nilai atau besaran temperatur (suhu) pada implemtasi yang dirancang. Dari hasil kalibrasi sensor diperoleh data yang ditampilkan oleh Tabel 4.3

Tabel 4.4 Hasil Kalibrasi Sensor Temperatur (*LM35*) terhadap Thermometer

No	Keluaran LM35 (Tegangan & konversi Suhu)		Termometer	Kesalahan Pembacaan
	(mV)	(°C)	(°C)	(°C)
1	286	28.6	29	0.4
2	292	29.2	29.7	0.5
3	296	29.6	30.1	0.5
4	302	30.2	30.6	0.4
....
25	417	41.7	41.2	0.5

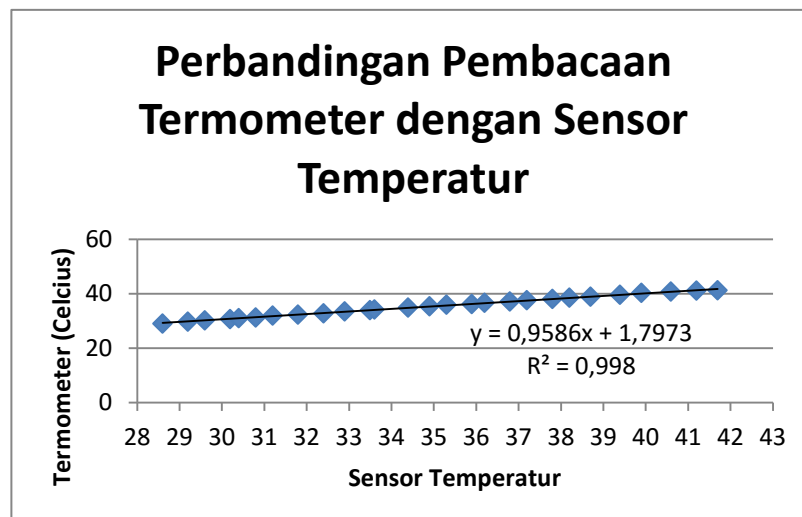
Dari Tabel 4.4 dapat dianalisa bahwa untuk kenaikan 0.6 °C maka diikuti dengan perubahan tegangan keluaran LM35 sebesar rata-rata 6mV hal ini terjadi sesuai dengan spesifikasi LM35 10mV/ °C. Pengamatan dilakukan terhadap tegangan keluaran LM35 dengan nilai suhu yang nampak pada thermometer. Keluaran berupa tegangan tersebut dikonversi sesuai dengan spesifikasi. Hasil dari konversi tegangan menjadi temperatur dibuat perbandingan antara temperatur yang terbaca pada thermometer, Perbandingan tersebut ditampilkan pada Tabel 4.4 dimana nilai kesalahan pembacaan tidak melebihi 2%.

Tabel 4.5 Hasil perbandingan pengukuran oleh sensor dan pengukuran oleh alat ukur

No	Temperatur Implemtasi	Temperatur thermometer	Kesalahan Pembacaan	Kesalahan Relatif	Koreksi Relatif
1.	28.6	29	0.4	1.38%	1.42%
2.	29.2	29.7	0.5	1.68%	1.71%
3.	29.6	30.1	0.5	1.66%	1.69%
....
25.	41.7	41.2	0.5	1.21%	1.19%

Dari tabel 4.4 kita dapat membuat persamaan garis untuk mencari nilai kelinieritas perubahan ADC terhadap perubahan tegangan, dimana gradient yang dibentuk merupakan persamaan garis yang digunakan dalam persamaan untuk pembacaan sensor yang diinput pada software yang dirancang. Data dari temperatur ini digunakan untuk monitoring pengisian baterai pada implementasi yang dirancang.

Dari Tabel. 4.5 kita dapat membuat kurva untuk mengetahui linieritas dan sensitivitas dari sensor yang dirancang hal ini dapat dianalisis dan ditinjau pada Gambar 4.5. Pada Gambar 4.5 merupakan perbandingan pembacaan dari sensor temperatur yang digunakan dibandingkan dengan pembacaan thermometer yang digunakan untuk referensi untuk mengkalibrasi pembacaan dari sensor.



Gambar 4.5 Kurva perbandingan antara pembacaan menggunakan sensor dengan menggunakan Termometer

Pada perbandingan pembacaan yang ditunjukkan oleh gambar 4.5 diperoleh koefisien determinasi 0.998 dan setiap kenaikan pembacaan oleh sensor LM35 tiap satu satuan temperatur maka thermometer naik sebesar 0.9856 derajat satuan temperatur.

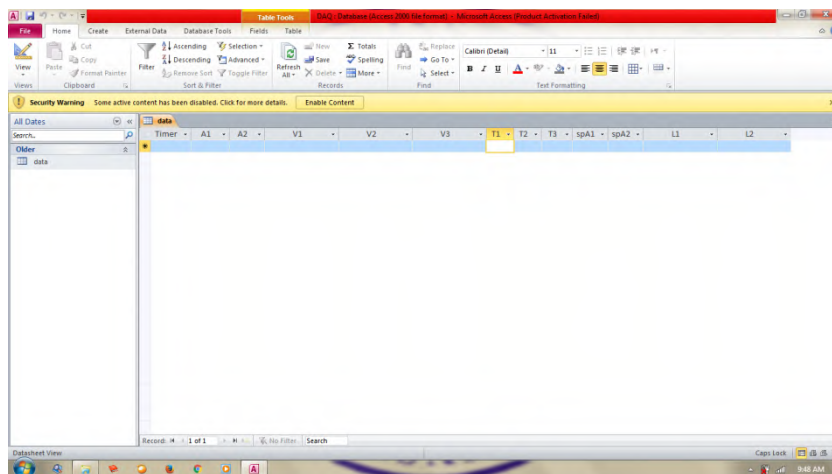
4.1.4 Pengujian Perangkat Lunak

Implementasi yang dirancang adalah implementasi yang memiliki 2 bagian yaitu perangkat keras dan perangkat lunak (Software). Software yang dirancang berbasis program Delphi. Program ini digunakan untuk control sistem dan monitoring sistem. Dimana program ini dapat digunakan untuk mengatur jumlah arus yang masuk pada sistem pengisian. Tampilan program yang dirancang di tunjukan pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Software Sistem Monitoring pengisian baterai

Pada software yang dirancang terdapat parameter yang harus diisi dalam pengujian sistem seperti arus pengisian, tegangan baterai yang ingin dicapai dan mode pengisian. Mode pengisian ini digunakan untuk mengatur otomatis penggunaan arus yang digunakan untuk pengisian baterai. Setelah mengisi semua maka jangan lupa memilih port pengiriman data pada PC/ Laptop. Software ini tidak dapat berfungsi jika port pada PC atau Laptop tidak dapat diidentifikasi. Setelah dapat dijalankan maka pengambilan data yang terekam pada software ini akan ditampilkan seperti Gambar 4.7, dimana data tersebut dapat dieksport ke bentuk database atau Microsoft Exel. Data yang terekam dapat diolah.



Gambar 4.7 Tampilan database pada Software Sistem pengisian Baterai

4.2 Pengujian Sistem Charging Baterai

Pada Sub bab 4.2 membahas dan menganalisa hasil pengujian implementasi hardware, sistem program dan sistem pengisian baterai. Hasil pengujian dilakukan dengan variable yang ada pada batasan masalah. Metode yang digunakan pada sistem pengisian baterai yang berbasis manajemen ini menggunakan metode

pengisian secara *Constan Current* dan *Smart Charging* dimana arus dijaga konstan sampai baterai terisi maksimum atau sesuai dengan kapasitas baterai yang ingin dicapai. Variable arus yang dijaga konstan pada penelitian kali ini menggunakan 0.5 A dan 0.75A serta baterai yang digunakan untuk menunjukan bahwa implemtasi yang dirancang berfungsi dengan baik. Parameter - parameter yang ingin dibahas kali ini adalah tegangan, arus dan lama pengisian.

4.2.1 Pengujian Sistem Charging Baterai

Pengujian kali ini menggunakan sistem pengisian baterai dengan arus yang dijaga konstan oleh sistem sampai pengisian tercapai atau dengan kata lain tegangan baterai telah maksimum. Pada pengujian kali ini variable uji menggunakan arus terkontrol 0.5 Ampere dan 0.75 Ampere serta penggujian menggunakan dua jenis rangkaian yaitu Rangkaian seri dan Paralel. Pemilihan arus kali ini disesuaikan dengan kapasitas arus yang diperbolehkan oleh baterai disesuaikan dengan karakteristik. Baterai yang digunakan adalah baterai *lead acied* dengan tegangan baterai 12Volt/5 Ah. Pengertian 12volt/ 5Ah yaitu *Ampere Hour* dimana batasan atau debit arus maksimum saat pengisian berjumlah 5 Ampere tiap Jam, akan tetapi ada syarat penggunaan arus dalam pengisian bergantung pada baterai yang digunakan.

Pengujian impementasi kali ini digunakan arus 0.75 Ampere dan arus 0.5 Ampere dikarena sesuai karateristik baterai dan merupakan batas aman untuk baterai. Lamanya pengisian baterai dapat ditinjau dari perhitungan sebagai berikut;

$$Kapasitas\ Baterai = 5\ Ah$$

$$Kapasitas\ Baterai = (Jumlah\ Arus) \times (Lamanya\ pengisian)$$

Jika arus maksimum yang digunakan maka:

$$5\ Ah = 0.75\ A * Time$$

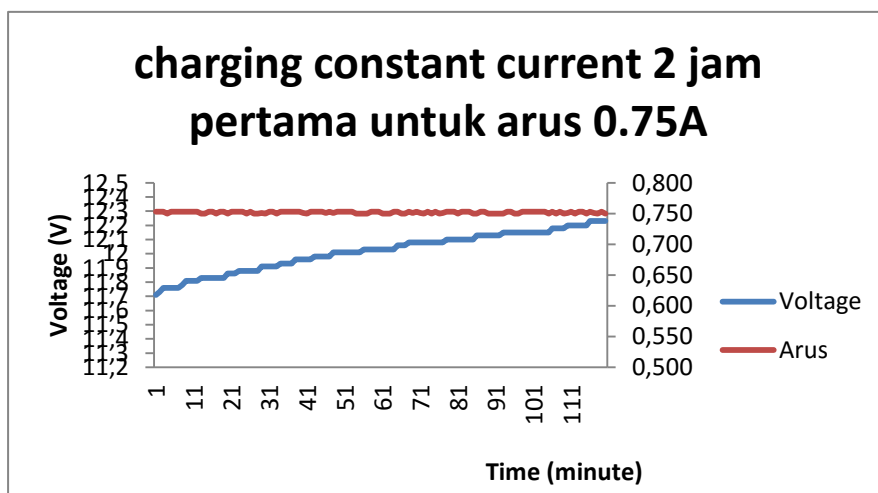
$$\begin{aligned} Maka\ Time &= 5/0.75\ Jam \\ &= 7\ jam \end{aligned}$$

Dapat disimpulkan baterai dapat isi selama 4 jam untuk penuh. Untuk proses uji coba sistem yang dirancang dilakukan pengisian dengan menggunakan arus konstan 0.75 Ampere. Dari uji coba diperoleh data arus dan tegangan pada tabel 4.6. Pada table 4.6 proses pengisian dengan menjaga arus pengisian 0.75 A

Tabel 4.6. Pengambilan data untuk Baterai 12 Volt dengan Arus konstan 0.75 selama 2 Jam pengisian

Time (Menit)	Voltage (Volt)	Temp (Celcius)	Arus (Ampere)	spTegangan (Volt)	spArus (Ampere)
1	11.71	28.41	0.753	12	0.75
2	11.73	28.67	0.753	12	0.75
3	11.76	28.41	0.753	12	0.75
4	11.76	28.67	0.750	12	0.75
5	11.76	28.41	0.753	12	0.75
.....
.....
.....
119	12.23	28.41	0.753	12	0.75
120	12.23	30.23	0.750	12	0.75

Dapat diperhatikan selama pengisian arus dikontrol agar konstan 0.75 A. tegangan baterai akan naik secara perlahan hingga mencapai tegangan baterai yang diharapkan. Pada pengisian secara Metode arus konstan (Constant Current) dilakukan uji karakteristik implementasi yang menggunakan arus konstan 0.75 A. hasil karakteristik pengisian selama 2 jam pengisian diperoleh data pada tabel 4.5 sehingga dapat diploting pada kurva pengisian menggunakan arus konstan 0.75 Ampere. Hasil dari pengisian selama 2 jam dapat dianalisis pada gambar 4.8.

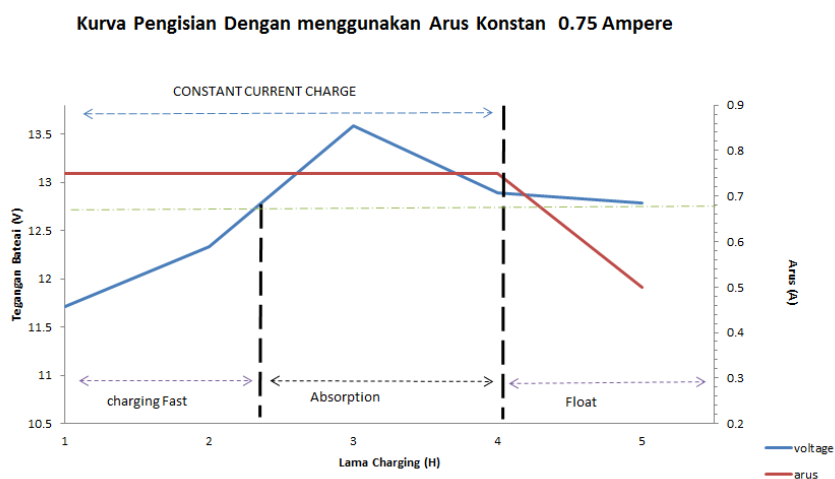


Gambar 4.8 Hasil Uji Implementasi untuk Karakteristik Sistem Charging dengan menggunakan CC = 0.75 A

Pada gambar 4.8 dapat ditinjau untuk mencapai titik penuh baterai dibutuhkan waktu sebesar 2 jam pengisian dengan arus konstan 0.75 ampere. Karakteristik pengisian menggunakan arus 0.75 Ampere memiliki perubahan temperatur pengisian sekitar 0.26°C/3 mV selama pengisian 2 jam.

Pengisian menggunakan metode arus konstan diuji kembali dengan parameter penelitian yang memiliki inputan arus yang berbeda untuk mengisi betarai dan susunan baterai yang digunakan agar mengetahui lebih detail tentang implemtasi yang dirancang. Parameter arus yang digunakan untuk pengisian baterai digunakan arus sebesar 0.5 Ampere dan 0.75 A. Penentuan parameter uji Diawali dengan studi kasus tentang arus yang diperbolehkan dalam mengisi baterai 12 V yang memiliki kapasitas 5Ah/10H. Hasil studi kasus tadi dijadikan evaluasi pemilihan parameter yang diperbolehkan untuk system.

Pengisian baterai diawali setting arus masukan dan tegangan yang diinginkan/ tegangan baterai maksimum. Untuk mengiji sistem baterai berjalan sempurna maka tegangan maksimum yang ingin dicapai digunakan 110% dari tegangan baterai. Tegangan baterai maksimum adalah 13.2 Volt sehingga pengisian baterai mencapai 12 Volt - 13.2 Volt untuk tegangan yang diizinkan. Hasil dari pengisian dengan arus konstan 0.5 A dan 0.75 A ditunjukkan pada gambar 4.9 dan 4.10

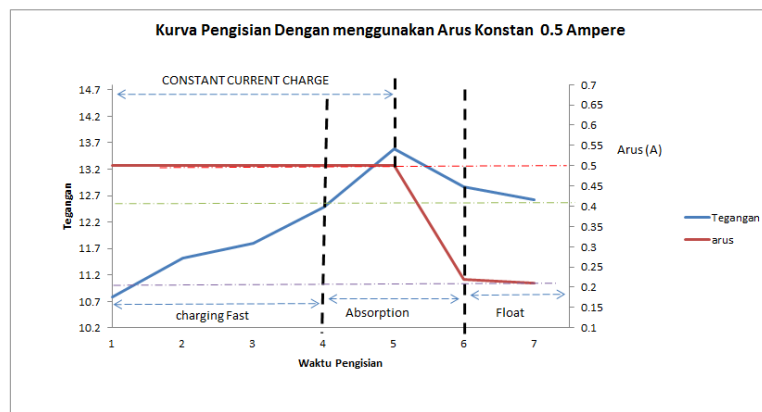


Gambar 4.9 Hasil Pengisian dengan CC 0.75 A Pada Baterai Lead Acied 12V/5Ah

Pada gambar 4.9 merupakan kurva pengisian menggunakan arus konstan 0.75 Ampere. Pada pengisian dengan metode ini memiliki 3 proses yaitu mengisi dengan cepat (*Charging Fast*) dan penyimpanan (*Absorption*) serta mempertahankan tegangan dan arus (*Float*). Penggunaan arus 0.75 Ampere dapat mengisi cepat sampai dengan tegangan baterai selama 2 jam lebih. Setelah mencapai pengisian tegangan baterai maka baterei akan terus mengisi sampai dengan batas maksimum baterai. Pengisian sampai dengan tegangan maksimal baterai biasanya dikenal dengan proses absorption. Pada proses absorption terjadi selama 4 jam saat baterai mulai diisi. Setelah baterai mencapai tegangan maksimalnya maka arus pengisian akan menurun mengikuti tegangan baterai hingga tegangan baterai mencapai tegangan baterai yang diinginkan. Proses ini

terjadi selama 1 jam dimana baterai telah mencapai tegangan 12.8 dan arus charging 0.4 Ampere yang ditunjukkan oleh garis putus-putus biru. Daerah yang ditandai oleh garis putus –putus tersebut merupakan daerah dimana baterai sudah dikatakan jenuh (penuh).

Pengujian metode dengan arus konstan juga dilakukan pada 0.5 Ampere untuk pengisian baterai 12 Volt dapat ditinjau oleh Gambar 4.10, pada gambar ditunjukkan lamanya proses fast charging adalah 4 jam dimana lebih lama 1 jam dibandingkan arus konstan 0.75 A. untuk proses pengisian baterai (*Absorption*) membutuhkan waktu 6 jam. Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengisian dengan menggunakan arus konstan 0.5 ampere dibutuhkan waktu 8 jam pengisian. Dengan teganga akhir dari baterai 12.4 dan arus pada proses *float* sebesar 0.2 A. besarnya kapasitas tegangan jenuh baterai berbeda beda setiap pengisiannya. Ada batasan baterai jenuh sesuai karakteristik sel pada baterai tersebut. Pada baterai yang digunakan kapasitas baterai terisi 12.4- 12.8 Volt.



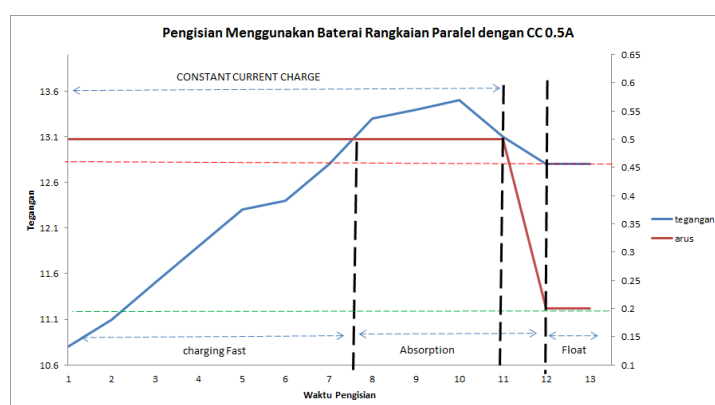
Gambar 4.10 Hasil pengisian baterai dengan Arus Konstan 0.5 Ampere

Pada pengisian ditunjukkan pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 dapat disimpulkan untuk pengisian menggunakan metode arus konstan dapat mempercepat pengisian baterai. Pengisian dengan perbedaan parameter arus juga berpengaruh pada lamanya pengisian serta besarnya kapasitas awal baterai juga berpengaruh terhadap lamanya pengisian baterai. Semakin besar arus yang digunakan maka baterai akan semakin cepat terisi.

Pada penelitian ini implementasi juga diuji untuk parameter penyusunan rangkaian baterai pada saat pengisian baterai. Rangkaian baterai yang digunakan menggunakan 2 buah rangkaian dengan parameter arus yang berbeda yaitu 0.5 Ampere dan 0.75 Ampere. Pada pengujian implementasi arus 0.5 Ampere dilakukan pengujian untuk rangkaian seri dan parallel diperoleh hasil yang ditunjukkan oleh gambar 4.11 dan 4.12

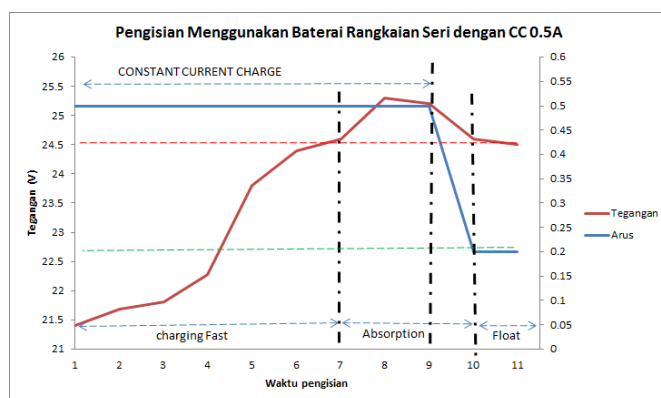
Gambar 4.11 dijelaskan bahwa pengisian Rangkaian baterai dipasang seri dengan tegangan baterai ditunjukkan oleh Avometer dan Sensor adalah 21.4 Volt

dengan tegangan maksimum baterai yang akan dicapai sebesar 25.4 Volt. Pengisian berlangsung selama 10 jam dengan arus konstan 0.5 Ampere. Pengisian berlangsung dengan tiga tahapan dimana tahapan pertama pengisian cepat yang berlangsung 7 jam dengan tegangan yang dicapai 24.5 Volt, setelah itu merupakan tahapan pengisian dimana arus dijaga agar tegangan baterai mencapai tegangan maksimal menurun menjadi tegangan baterai pabrikan sebesar 24.5 Volt. Proses penjagaan arus tadi dinamakan proses *Absorption* (Pengisian). Setelah proses absorption, arus pengisian akan semakin menurun hingga tegangan baterai menjadi tegangan konstan serta arus pengisian juga mengikuti konstan. Tahapan tersebut dinamakan Tahapan *Float*.



Gambar 4.11 Hasil Pengisian Menggunakan Arus Konstan dengan menggunakan rangkaian Seri

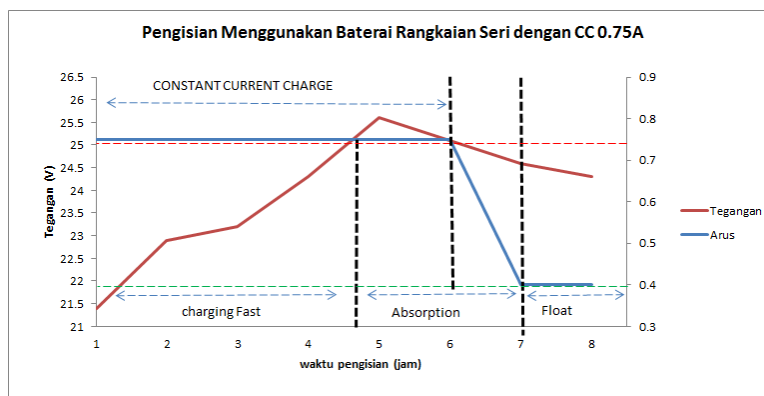
Pengujian Sistem implementasi juga dilakukan dengan mengisi baterai menggunakan susunan paralel untuk arus pengisian 0.5 Ampere. Hasil dari pengisian tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.12 dimana untuk pengisian cepat membutuhkan waktu 7 jam lebih hingga tegangan baterai 13.1 volt padahal tegangan baterai standart 12.6 volt -12.8 volt hal ini dikarenakan pada susunan rangkaian baterai dipasang secara paralel.



Gambar 4.12 Hasil pengisian dengan Arus konstan 0.5 A dengan penyusunan Rangkaian Baterai secara Paralel

Penyebab perubahan tersebut dikarenakan adanya perbedaan tegangan antara baterai 1 dan baterai 2 pada saat pengisian sehingga dimungkinkannya kapasitas baterai pada saat pengisian berubah.

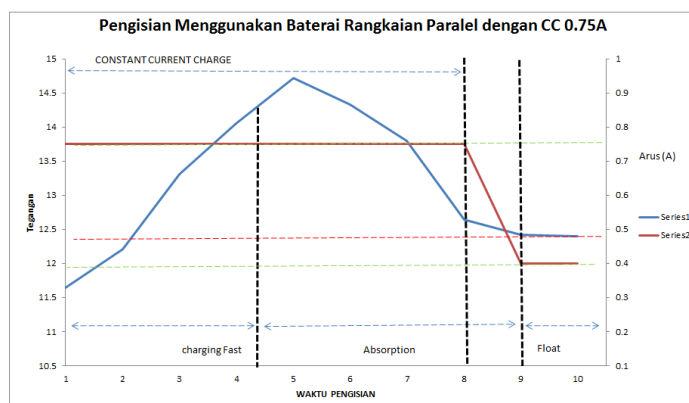
Pengisian baterai dengan membandingkan penyusunan rangkaian pengisian pada baterai untuk arus konstan 0.5 A diperoleh kesimpulan bahwa pengisian menggunakan rangkaian paralel membutuhkan waktu sedikit lebih lama dibandingkan secara seri hal ini terjadi karena adanya pembagian arus pengisian yang melalui baterai saat pengisian. Untuk rangkaian paralel pengisian baterai melewati percabangan sehingga arus yang masuk ke baterai dibagi sesuai beban yang ada pada baterai tersebut tetapi untuk rangkaian seri kedua baterai tersebut memperoleh besar arus yang sama. Pada rangkaian seri lebih efisien digunakan saat pengisian dikarenakan waktu pengisian dibutuhkan waktu yang lebih singkat. Serta tidak dipengaruhi dengan besar tegangan baterai awal atau kapasitas baterai saat pengisian awal.



Gambar 4.13 Hasil pengisian Baterai menggunakan Arus Konstan 0.75A dengan penyusunan Rangkaian Seri Pada Baterai

Perbandingan pengisian baterai dengan menggunakan arus 0.75 Ampere dengan arus 0.5 Ampere pada rangkaian seri untuk penyusunan pengisian baterai. Dari hasil yang ditunjukkan Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 dapat disimpulkan bahwa penggunaan arus yang lebih besar akan memperoleh lama pengisian yang lebih cepat. Serta untuk mempertahankan arus konstan juga lebih singkat dengan menggunakan arus 0.75 ampere dibandingkan dengan arus 0.5 Ampere. Begitu juga halnya dengan rangkaian paralel.

Pada rangkaian paralel juga diperoleh hal yang sama untuk pengisian menggunakan rangkaian paralel waktu yang dibutuhkan untuk mencapai baterai maksimum lebih cepat menggunakan arus yang lebih besar hal ini dapat dilihat dengan membandingkan gambar 4.13 dengan gambar 4.14.



Gambar 4.14 Hasil dari pengisian Baterai dengan arus Konstan 0.75 pada rangkaian parallel

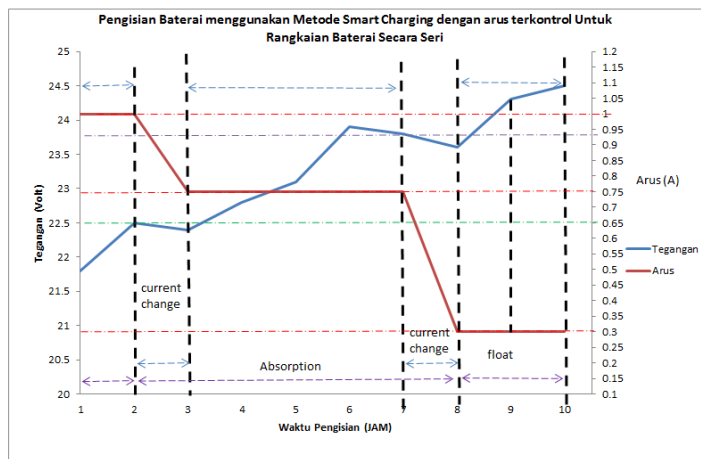
Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pengisian cepat pada rangkaian parallel memiliki selisih waktu yang sangat besar yaitu sekitar 2 jam lebih lama disbanding dengan pengisian secara seri. Parameter arus yang digunakan juga menampilkan data yang sangat signifikan terhadap waktu pengisian baterai antara rangkaian yang disusun secara parallel maupun disusun seri. Pada rangkaian seri membutuhkan waktu pengisian sampai kapasitas baterai selama 8 jam sedangkan baterai yang disusun parallel membutuhkan waktu sekitar 10 jam lebih.

4.2.2 Pengujian Sistem Charging dengan Mode Smart charging

Pada mode *Smart Charging* sebenarnya hampir sama dengan metode dengan Arus konstan. Perbedaannya hanya arus yang dikontrol sesuai dengan kapasitas baterai tersebut. Pemilihan kontrol arus pada mode ini sesuai dengan tujuan sistem untuk menjaga sel baterai agar tidak mudah rusak dan diharapkan implemntasi ini dapat digunakan secara efisien.

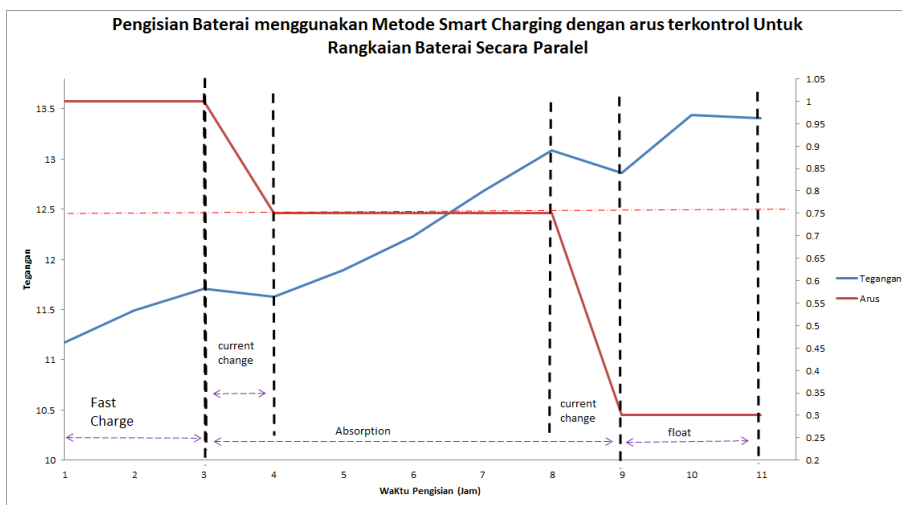
Pengujian sistem pengisian baterai dengan mode *smart Charging* dilakukan dengan menguji sistem menggunakan sistem baterai yang dirancang secara seri maupun parallel. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan pengisian baterai dengan penyusunan secara seri atau paralel terhadap lama pengisian.

Hasil pengisian menggunakan metode ini ditampilkan pada gambar 4.10 dan Gambar 4.15, dimana pada Gambar 4.15 hasil dari pengisian secara seri. Pengisian ini dilakukan dari tegangan baterai kurang dari 70% sehingga arus yang diberikan adalah arus maksimum untuk pengisian secara *smart mode* sebesar 1 Ampere yang ditunjukkan oleh garis warna merah. Pada dasarnya pemilihan arus maksimum diperoleh dari batasan yang diperbolehkan dalam mengisi baterai yaitu 10% -20% kapasitas baterai disesuaikan dengan karakteristik baterai tersebut.



Gambar 4.15 Hasil Pengisian Dengan Smart Charging Menggunakan baterai disusun seri

Pada Gambar 4.16 ditunjukkan bahwa pengisian menggunakan arus maksimal yang diperbolehkan dan aman ialah 1 ampere dan 0.75 Ampere digunakan untuk mengisi baterai ketika daya atau kapasitas baterai telah melebihi 70% dan kurang dari 90% ketika tegangan atau daya yang telah melebihi 90% kapasitas yang diperbolehkan maka arus akan semakin turun hingga 0.3Ampere sampai pengisian penuh. Pada Gambar 4.16 ditunjukkan dengan menggunakan arus yang besar dapat menaikkan kapasitas baterai secara tepat. Akan tetapi itu tidak diperbolehkan dikarenakan akan merusak sel baterai sehingga setelah mencapai 70% kapasitas baterai maka arus akan diturunkan secara perlahan ke batasan aman yaitu 0.75 A, dapat ditinjau pada Gambar 4.16 penurunan arus juga disertai dengan penurunan tegangan hal ini bertujuan untuk menghindari *overheat* atau panas yang berlebih pada pengisian.



Gambar 4.16 Hasil Pengisian Dengan Smart Charging Menggunakan baterai disusun seri

Perbandingan antara sistem charging menggunakan mode *Smart Charging* pada rangkaian baterai yang tersusun seri dengan parallel adalah waktu yang digunakan untuk mengisi baterai hingga 70% dimana waktu yang dibutuhkan oleh rangkaian parallel lebih lama dibandingkan dengan pengisian baterai dengan susunan seri. Berdasarkan semua hasil pengujian sistem pengisian baik menggunakan variable (*parameter*) arus dan susunan pengisian pada baterai maka dapat disimpulkan pengisian dengan arus yang lebih besar akan mempercepat pengisian baterai serta pengisian dengan menggunakan rangkaian seri lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan rangkaian parallel hal ini dikarenakan rangkaian parallel pengisian tidak stabil dan lama untuk mencapai kapasitas baterai yang penuh. Sistem pengisian parallel juga memiliki keterbatasan karena kemampuan baterai/(kapasitas baterai) yang digunakan untuk menguji tidak sama walau tertera jenis dan tegangan sama. Hal ini karena pada pengujian terdapat parameter yang berpengaruh seperti kemampuan sel pada baterai dan panas pada saat pengisian. Kemampuan sel baterai berkenaan dengan kesehatan baterai saat digunakan sebagai alat uji, jika kemampuan selnya rusak atau tidak sehat maka pada saat pengisian tegangan akan selalu naik dengan cepat saat diisi. Hal ini yang menyebabkan baterai lebih baik dipasang seri agar lebih aman. Kelebihan panas saat pengisian juga dapat merusak baterai, baterai yang *overheat* dapat menyebabkan kebocoran pada baterai dan bisa merusak baterai. Sehingga parameter inilah yang diindikasikan untuk tidak menggunakan arus yang terlalu besar dan merangkai parallel.

LAMPIRAN A DATA PROGRAM

/*****

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.03.4 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2008 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project : BMS Controller
Version : 1107.100.060
Date : 5/14/2013
Author : edwin pondy
Company : Software Project Developer (SPD) 99
Comments:

Chip type : ATmega16
Program type : Application
Clock frequency : 11.059200 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 256

*****/

```
#include <mega16.h>
```

```
// Standard Input/Output functions
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x40
```

```
// Read the AD conversion result
```

```
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
```

```
{
```

```
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
```

```
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
```

```
delay_us(10);
```

```
// Start the AD conversion
```

```
ADCSRA|=0x40;
```

```
// Wait for the AD conversion to complete
```

```
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
```

```
ADCSRA|=0x10;
```

```
return ADCW;
```

```
}
```

```

// fungsi Inisialisasi Port
void init_port(void)
{
PORTA=0x00; DDRA=0x00;
PORTB=0x00; DDRB=0x07;
PORTC=0x00; DDRC=0xFF;
PORTD=0x00; DDRD=0xFC;
TCCR0=0x00; TCNT0=0x00; OCR0=0x00;
TCCR1A=0x00; TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00; TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00; ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00; OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00; OCR1BL=0x00;
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00; TCNT2=0x00; OCR2=0x00;
MCUCR=0x00; MCUCSR=0x00;
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x47;

ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 345.600 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC Auto Trigger Source: None
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x85;

}

// fungsi untuk baca sensor suhu, sensor arus, dan sensor tegangan
unsigned int baca_sensor(unsigned char adc)
{
    unsigned int sensor = 0;

```



```

    DDRB |= 0x07;
    switch(adc){
        case 0: PORTB &= 0x00; sensor = read_adc(0); break;
        case 1: PORTB &= 0x00; sensor = read_adc(1); break;
        case 2: PORTB &= 0x00; sensor = read_adc(2); break;
        case 3: PORTB &= 0x00; sensor = read_adc(3); break;
        case 4: PORTB &= 0x00; sensor = read_adc(4); break;
        case 5: PORTB &= 0x00; sensor = read_adc(5); break;
        case 6: PORTB &= 0x00; sensor = read_adc(6); break;
        case 7: PORTB &= 0x00; sensor = read_adc(7); break;
    };
    delay_us(50);
    PORTB &= 0x00;
    return sensor;
}

// function of Digital to Analog Converter (DAC)
void DAC(unsigned char sp_arus, unsigned char dac_address)
{
    DDRD |= 0xC0;
    PORTD &= 0x03;
    DDRC |= 0xFF;
    PORTC = (sp_arus & 0xFF);
    switch(dac_address){
        case 0 : PORTD |= 0x40; break;
        case 1 : PORTD |= 0x80; break;
    };
    delay_us(50);
    PORTD &= 0x03;
}

// Declare your global variables here

void main(void)
{
    // Declare your local variables here
    unsigned int A[2], V[3], T[3];
    unsigned char temp[2];
    char str1[4]="", str2[4]="";
    char a, b, c, StrBuffer[17]="";
    // inialisasi port-port yang ada di microcontroller -----
    -
    init_port();
    // kondisi awal variable temp[x]=0 -----
    -
    temp[0]=0; temp[1]=0;

```

```

while (1)
{
    // Place your code here
    // mengambil data hasil pembacaan dari masing-masing sensor -----
    -----
    // A[0]..A[1]= variable hasil pembacaan sensor Arus ACS712-20A
    A[0]=baca_sensor(0);
    A[1]=baca_sensor(1);
    // V[0]..V[2] = variable hasil pembacaan tegangan listrik battery
    V[0]=baca_sensor(2);
    V[1]=baca_sensor(3);
    V[2]=baca_sensor(4);
    // T[0]..T[2] = variable hasil pembacaan sensor suhu LM35
    T[0]=baca_sensor(5);
    T[1]=baca_sensor(6);
    T[2]=baca_sensor(7);
    // mengambil data perintah dan data arus dari PC
    gets(StrBuffer,17);
    //-----
    a=strpos(StrBuffer,'A'); // posisi nilai setPoint I1
    b=strpos(StrBuffer,'B'); // posisi nilai setPoint I2
    c=strlen(StrBuffer);
    if(StrBuffer[a]=='A'){
        // mengambil karakter yang ada dalam buffer string (StrBuffer)
        strcpy(str1, midStr(StrBuffer, a+1, b-a-1));
        strcpy(str2, midStr(StrBuffer, b+1, c-b-1));
        /*
        for(i=a;i<b;++i)str1[i-a]=StrBuffer[i+1];
        for(i=b;i<c;++i)str2[i-b]=StrBuffer[i+1];
        for(i=c;i<d;++i)str3[i-c]=StrBuffer[i+1];
        for(i=d;i<strpos(StrBuffer,'\0');++i)str4[i-d]=StrBuffer[i+1];
        */
        // mengubah variable string arus yang diterima UART ke variable integer ----
    -----
        temp[0]=(atoi(str1)&0xFF);
        temp[1]=(atoi(str2)&0xFF);
        // mengirim data hasil pembacaan sensor ke PC melalui serial RS-232 -----
    -----

    printf("a%ub%uc%ud%ue%uf%ug%uh%u",A[0],A[1],V[0],V[1],V[2],T[0],T[1],
    T[2]);
    };
    // konversi Digital ke Analog -----
    DAC(temp[0]&0xFF,0); //DAC device yg ke 0
    DAC(temp[1]&0xFF,1); //DAC device yg ke 1

};

```

}

Baterai Tunggal				Rangkaian Seri				Rangkaian Paralel			
Time	Tegangan	Arus	Temp	Time	Tegangan	Arus	Temp	Time	Tegangan	Arus	Temp
1	11.41	0.75	32.94	1	21.36	0.75	35.96	1	10.81	0.75	35.25
2	11.41	0.75	32.96	2	21.38	0.75	35.97	2	10.83	0.75	35.26
3	11.41	0.75	32.98	3	21.39	0.75	35.98	3	10.84	0.75	35.27
4	11.41	0.75	33.00	4	21.4	0.75	35.99	4	10.85	0.75	35.28
5	11.41	0.75	33.02	5	21.42	0.75	36.00	5	10.87	0.75	35.29
6	11.42	0.75	33.04	6	21.43	0.75	36.01	6	10.88	0.75	35.30
7	11.43	0.75	33.06	7	21.44	0.75	36.02	7	10.90	0.75	35.31
8	11.44	0.75	33.08	8	21.45	0.75	36.03	8	10.91	0.75	35.32
9	11.45	0.75	33.10	9	21.47	0.75	36.04	9	10.92	0.75	35.33
10	11.46	0.75	33.12	10	21.48	0.75	36.05	10	10.94	0.75	35.34
11	11.47	0.75	33.14	11	21.49	0.75	36.05	11	10.95	0.75	35.35
12	11.48	0.75	33.16	12	21.51	0.75	36.06	12	10.97	0.75	35.36
13	11.49	0.75	33.18	13	21.52	0.75	36.07	13	10.98	0.75	35.37
14	11.5	0.75	33.20	14	21.53	0.75	36.08	14	10.99	0.75	35.38
15	11.5	0.75	33.22	15	21.54	0.75	36.09	15	11.01	0.75	35.39
16	11.5	0.75	33.24	16	21.56	0.75	36.10	16	11.02	0.75	35.40
17	11.5	0.75	33.26	17	21.57	0.75	36.11	17	11.04	0.75	35.41
18	11.5	0.75	33.28	18	21.58	0.75	36.12	18	11.05	0.75	35.42
19	11.5	0.75	33.30	19	21.6	0.75	36.13	19	11.06	0.75	35.43
20	11.5	0.75	33.32	20	21.61	0.75	36.14	20	11.08	0.75	35.44
21	11.5	0.75	33.34	21	21.62	0.75	36.14	21	11.09	0.75	35.45
22	11.5	0.75	33.36	22	21.63	0.75	36.15	22	11.11	0.75	35.46
23	11.5	0.75	33.38	23	21.65	0.75	36.16	23	11.12	0.75	35.47
24	11.52	0.75	33.40	24	21.66	0.75	36.17	24	11.13	0.75	35.48
25	11.51	0.75	33.42	25	21.67	0.75	36.18	25	11.15	0.75	35.49
26	11.52	0.75	33.44	26	21.69	0.75	36.19	26	11.16	0.75	35.50
27	11.52	0.75	33.46	27	21.7	0.75	36.20	27	11.18	0.75	35.51
28	11.52	0.75	33.48	28	21.71	0.75	36.21	28	11.19	0.75	35.52
29	11.52	0.75	33.50	29	21.72	0.75	36.22	29	11.20	0.75	35.53
30	11.52	0.75	33.52	30	21.74	0.75	36.23	30	11.22	0.75	35.54
31	11.52	0.75	33.54	31	21.75	0.75	36.23	31	11.23	0.75	35.55
32	11.52	0.75	33.56	32	21.76	0.75	36.24	32	11.25	0.75	35.56
33	11.52	0.75	33.58	33	21.78	0.75	36.25	33	11.26	0.75	35.57
34	11.53	0.75	33.60	34	21.79	0.75	36.26	34	11.27	0.75	35.58
35	11.53	0.75	33.62	35	21.8	0.75	36.27	35	11.29	0.75	35.59
36	11.53	0.75	33.64	36	21.82	0.75	36.28	36	11.30	0.75	35.60
37	11.53	0.75	33.66	37	21.83	0.75	36.29	37	11.32	0.75	35.61
38	11.53	0.75	33.68	38	21.84	0.75	36.30	38	11.33	0.75	35.62
39	11.53	0.75	33.70	39	21.85	0.75	36.31	39	11.34	0.75	35.63
40	11.53	0.75	33.72	40	21.87	0.75	36.32	40	11.36	0.75	35.64

41	11.53	0.75	33.74	41	21.88	0.75	36.32	41	11.37	0.75	35.65
42	11.53	0.75	33.76	42	21.89	0.75	36.33	42	11.39	0.75	35.66
43	11.53	0.75	33.78	43	21.91	0.75	36.34	43	11.40	0.75	35.67
44	11.56	0.75	33.80	44	21.92	0.75	36.35	44	11.41	0.75	35.68
45	11.56	0.75	33.82	45	21.93	0.75	36.36	45	11.43	0.75	35.69
46	11.56	0.75	33.84	46	21.94	0.75	36.37	46	11.44	0.75	35.70
47	11.59	0.75	33.86	47	21.96	0.75	36.38	47	11.46	0.75	35.71
48	11.59	0.75	33.88	48	21.97	0.75	36.39	48	11.47	0.75	35.72
49	11.59	0.75	33.90	49	21.98	0.75	36.40	49	11.48	0.75	35.73
50	11.6	0.75	33.92	50	22	0.75	36.41	50	11.50	0.75	35.74
51	11.6	0.75	33.94	51	22.01	0.75	36.41	51	11.51	0.75	35.75
52	11.61	0.75	33.96	52	22.02	0.75	36.42	52	11.53	0.75	35.76
53	11.62	0.75	33.98	53	22.03	0.75	36.43	53	11.54	0.75	35.77
54	11.62	0.75	34.00	54	22.05	0.75	36.44	54	11.55	0.75	35.78
55	11.62	0.75	34.02	55	22.06	0.75	36.45	55	11.57	0.75	35.79
56	11.63	0.75	34.04	56	22.07	0.75	36.46	56	11.58	0.75	35.80
57	11.63	0.75	34.06	57	22.09	0.75	36.47	57	11.60	0.75	35.81
58	11.64	0.75	34.08	58	22.1	0.75	36.48	58	11.61	0.75	35.82
59	11.65	0.75	34.10	59	22.11	0.75	36.49	59	11.62	0.75	35.83
60	11.71	0.75	34.12	60	22.12	0.75	36.50	60	11.64	0.75	35.84
61	11.73	0.75	34.14	61	22.14	0.75	36.50	61	11.65	0.75	35.85
62	11.76	0.75	34.16	62	22.15	0.75	36.51	62	11.67	0.75	35.86
63	11.76	0.75	34.18	63	22.16	0.75	36.52	63	11.68	0.75	35.87
64	11.76	0.75	34.20	64	22.18	0.75	36.53	64	11.69	0.75	35.88
65	11.76	0.75	34.22	65	22.19	0.75	36.54	65	11.71	0.75	35.89
66	11.76	0.75	34.24	66	22.2	0.75	36.55	66	11.72	0.75	35.90
67	11.78	0.75	34.26	67	22.21	0.75	36.56	67	11.74	0.75	35.91
68	11.81	0.75	34.28	68	22.23	0.75	36.57	68	11.75	0.75	35.92
69	11.81	0.75	34.30	69	22.24	0.75	36.58	69	11.76	0.75	35.93
70	11.81	0.75	34.32	70	22.25	0.75	36.59	70	11.78	0.75	35.94
71	11.81	0.75	34.34	71	22.27	0.75	36.59	71	11.79	0.75	35.95
72	11.83	0.75	34.36	72	22.28	0.75	36.60	72	11.81	0.75	35.96
73	11.83	0.75	34.38	73	22.29	0.75	36.61	73	11.82	0.75	35.97
74	11.83	0.75	34.40	74	22.3	0.75	36.62	74	11.83	0.75	35.98
75	11.83	0.75	34.42	75	22.32	0.75	36.63	75	11.85	0.75	35.99
76	11.83	0.75	34.44	76	22.33	0.75	36.64	76	11.86	0.75	36.00
77	11.83	0.75	34.46	77	22.34	0.75	36.65	77	11.88	0.75	36.01
78	11.83	0.75	34.48	78	22.36	0.75	36.66	78	11.89	0.75	36.02
79	11.86	0.75	34.50	79	22.37	0.75	36.67	79	11.90	0.75	36.03
80	11.86	0.75	34.52	80	22.38	0.75	36.68	80	11.92	0.75	36.04
81	11.86	0.75	34.54	81	22.39	0.75	36.68	81	11.93	0.75	36.05
82	11.88	0.75	34.56	82	22.41	0.75	36.69	82	11.95	0.75	36.06

83	11.88	0.75	34.58	83	22.42	0.75	36.70	83	11.96	0.75	36.07
84	11.88	0.75	34.60	84	22.43	0.75	36.71	84	11.97	0.75	36.08
85	11.88	0.75	34.62	85	22.45	0.75	36.72	85	11.99	0.75	36.09
86	11.88	0.75	34.64	86	22.46	0.75	36.73	86	12.00	0.75	36.10
87	11.88	0.75	34.66	87	22.47	0.75	36.74	87	12.02	0.75	36.11
88	11.91	0.75	34.68	88	22.48	0.75	36.75	88	12.03	0.75	36.12
89	11.91	0.75	34.70	89	22.5	0.75	36.76	89	12.04	0.75	36.13
90	11.91	0.75	34.72	90	22.51	0.75	36.77	90	12.06	0.75	36.14
91	11.91	0.75	34.74	91	22.52	0.75	36.77	91	12.07	0.75	36.15
92	11.91	0.75	34.76	92	22.54	0.75	36.78	92	12.09	0.75	36.16
93	11.93	0.75	34.78	93	22.55	0.75	36.79	93	12.10	0.75	36.17
94	11.93	0.75	34.80	94	22.56	0.75	36.80	94	12.11	0.75	36.18
95	11.93	0.75	34.82	95	22.57	0.75	36.81	95	12.13	0.75	36.19
96	11.93	0.75	34.84	96	22.59	0.75	36.82	96	12.14	0.75	36.20
97	11.96	0.75	34.86	97	22.6	0.75	36.83	97	12.16	0.75	36.21
98	11.96	0.75	34.88	98	22.61	0.75	36.84	98	12.17	0.75	36.22
99	11.96	0.75	34.90	99	22.63	0.75	36.85	99	12.18	0.75	36.23
100	11.96	0.75	34.92	100	22.64	0.75	36.86	100	12.20	0.75	36.24
101	11.96	0.75	34.94	101	22.65	0.75	36.86	101	12.21	0.75	36.25
102	11.98	0.75	34.96	102	22.67	0.75	36.87	102	12.23	0.75	36.26
103	11.98	0.75	34.98	103	22.68	0.75	36.88	103	12.24	0.75	36.27
104	11.98	0.75	35.00	104	22.69	0.75	36.89	104	12.25	0.75	36.28
105	11.98	0.75	35.02	105	22.7	0.75	36.90	105	12.27	0.75	36.29
106	11.98	0.75	35.04	106	22.72	0.75	36.91	106	12.28	0.75	36.30
107	12.01	0.75	35.06	107	22.73	0.75	36.92	107	12.30	0.75	36.31
108	12.01	0.75	35.08	108	22.74	0.75	36.93	108	12.31	0.75	36.32
109	12.05	0.75	35.10	109	22.76	0.75	36.94	109	12.32	0.75	36.33
110	12.11	0.75	35.12	110	22.77	0.75	36.95	110	12.34	0.75	36.34
111	12.17	0.75	35.14	111	22.78	0.75	36.95	111	12.35	0.75	36.35
112	12.22	0.75	35.16	112	22.79	0.75	36.96	112	12.37	0.75	36.36
113	12.25	0.75	35.18	113	22.81	0.75	36.97	113	12.38	0.75	36.37
114	12.27	0.75	35.20	114	22.82	0.75	36.98	114	12.39	0.75	36.38
115	12.29	0.75	35.22	115	22.83	0.75	36.99	115	12.41	0.75	36.39
116	12.3	0.75	35.24	116	22.85	0.75	37.00	116	12.42	0.75	36.40
117	12.3	0.75	35.26	117	22.86	0.75	37.01	117	12.44	0.75	36.41
118	12.31	0.75	35.28	118	22.87	0.75	37.02	118	12.45	0.75	36.42
119	12.33	0.75	35.30	119	22.88	0.75	37.03	119	12.46	0.75	36.43
120	12.33	0.75	35.32	120	22.9	0.75	37.04	120	12.48	0.75	36.44
121	12.39	0.75	35.34	121	22.91	0.75	37.04	121	12.49	0.75	36.45
122	12.41	0.75	35.36	122	22.92	0.75	37.05	122	12.51	0.75	36.46
123	12.48	0.75	35.38	123	22.94	0.75	37.06	123	12.52	0.75	36.47
124	12.53	0.75	35.40	124	22.95	0.75	37.07	124	12.53	0.75	36.48

125	12.56	0.75	35.42	125	22.96	0.75	37.08	125	12.55	0.75	36.49
126	12.61	0.75	35.44	126	22.97	0.75	37.09	126	12.56	0.75	36.50
127	12.65	0.75	35.46	127	22.99	0.75	37.10	127	12.58	0.75	36.51
128	12.65	0.75	35.48	128	23	0.75	37.11	128	12.59	0.75	36.52
129	12.67	0.75	35.50	129	23.01	0.75	37.12	129	12.60	0.75	36.53
130	12.69	0.75	35.52	130	23.03	0.75	37.13	130	12.62	0.75	36.54
131	12.74	0.75	35.54	131	23.04	0.75	37.13	131	12.63	0.75	36.55
132	12.79	0.75	35.56	132	23.05	0.75	37.14	132	12.65	0.75	36.56
133	12.81	0.75	35.58	133	23.06	0.75	37.15	133	12.66	0.75	36.57
134	12.92	0.75	35.60	134	23.08	0.75	37.16	134	12.67	0.75	36.58
135	12.98	0.75	35.62	135	23.09	0.75	37.17	135	12.69	0.75	36.59
136	13.07	0.75	35.64	136	23.1	0.75	37.18	136	12.70	0.75	36.60
137	13.09	0.75	35.66	137	23.12	0.75	37.19	137	12.72	0.75	36.61
138	13.15	0.75	35.68	138	23.13	0.75	37.20	138	12.73	0.75	36.62
139	13.19	0.75	35.70	139	23.14	0.75	37.21	139	12.74	0.75	36.63
140	13.24	0.75	35.72	140	23.15	0.75	37.22	140	12.76	0.75	36.64
141	13.32	0.75	35.74	141	23.17	0.75	37.22	141	12.77	0.75	36.65
142	13.37	0.75	35.76	142	23.18	0.75	37.23	142	12.79	0.75	36.66
143	13.37	0.75	35.78	143	23.19	0.75	37.24	143	12.80	0.75	36.67
144	13.39	0.75	35.80	144	23.21	0.75	37.25	144	12.81	0.75	36.68
145	13.42	0.75	35.82	145	23.22	0.75	37.26	145	12.83	0.75	36.69
146	13.44	0.75	35.84	146	23.23	0.75	37.27	146	12.84	0.75	36.70
147	13.46	0.75	35.86	147	23.24	0.75	37.28	147	12.86	0.75	36.71
148	13.47	0.75	35.88	148	23.26	0.75	37.29	148	12.87	0.75	36.72
149	13.48	0.75	35.90	149	23.27	0.75	37.30	149	12.88	0.75	36.73
150	13.52	0.75	35.92	150	23.28	0.75	37.31	150	12.90	0.75	36.74
151	13.52	0.75	35.94	151	23.3	0.75	37.31	151	12.91	0.75	36.75
152	13.52	0.75	35.96	152	23.31	0.75	37.32	152	12.93	0.75	36.76
153	13.56	0.75	35.98	153	23.32	0.75	37.33	153	12.94	0.75	36.77
154	13.56	0.75	36.00	154	23.33	0.75	37.34	154	12.95	0.75	36.78
155	13.58	0.75	36.02	155	23.35	0.75	37.35	155	12.97	0.75	36.79
156	13.58	0.75	36.04	156	23.36	0.75	37.36	156	12.98	0.75	36.80
157	13.59	0.75	36.06	157	23.37	0.75	37.37	157	13.00	0.75	36.81
158	13.58	0.75	36.08	158	23.39	0.75	37.38	158	13.01	0.75	36.82
159	13.59	0.75	36.10	159	23.4	0.75	37.39	159	13.02	0.75	36.83
160	13.59	0.75	36.12	160	23.41	0.75	37.40	160	13.04	0.75	36.84
161	13.57	0.75	36.14	161	23.43	0.75	37.40	161	13.05	0.75	36.85
162	13.53	0.75	36.16	162	23.44	0.75	37.41	162	13.07	0.75	36.86
163	13.49	0.75	36.18	163	23.45	0.75	37.42	163	13.08	0.75	36.87
164	13.45	0.75	36.20	164	23.46	0.75	37.43	164	13.09	0.75	36.88
165	13.41	0.75	36.22	165	23.48	0.75	37.44	165	13.11	0.75	36.89
166	13.37	0.75	36.24	166	23.49	0.75	37.45	166	13.12	0.75	36.90

167	13.33	0.75	36.26	167	23.5	0.75	37.46	167	13.14	0.75	36.91
168	13.33	0.75	36.28	168	23.52	0.75	37.47	168	13.15	0.75	36.92
169	13.29	0.75	36.30	169	23.53	0.75	37.48	169	13.16	0.75	36.93
170	13.29	0.75	36.32	170	23.54	0.75	37.49	170	13.18	0.75	36.94
171	13.26	0.75	36.34	171	23.55	0.75	37.49	171	13.19	0.75	36.95
172	13.25	0.75	36.36	172	23.57	0.75	37.50	172	13.21	0.75	36.96
173	13.25	0.75	36.38	173	23.58	0.75	37.51	173	13.22	0.75	36.97
174	13.25	0.75	36.40	174	23.59	0.75	37.52	174	13.23	0.75	36.98
175	13.25	0.75	36.42	175	23.61	0.75	37.53	175	13.25	0.75	36.99
176	13.22	0.75	36.44	176	23.62	0.75	37.54	176	13.26	0.75	37.00
177	13.18	0.75	36.46	177	23.63	0.75	37.55	177	13.28	0.75	37.01
178	13.18	0.75	36.48	178	23.64	0.75	37.56	178	13.29	0.75	37.02
179	13.15	0.75	36.50	179	23.66	0.75	37.57	179	13.30	0.75	37.03
180	13.13	0.75	36.52	180	23.67	0.75	37.58	180	13.32	0.75	37.04
181	13.1	0.75	36.54	181	23.68	0.75	37.58	181	13.33	0.75	37.05
182	13.1	0.75	36.56	182	23.7	0.75	37.59	182	13.35	0.75	37.06
183	13.07	0.75	36.58	183	23.71	0.75	37.60	183	13.36	0.75	37.07
184	13.07	0.75	36.60	184	23.72	0.75	37.61	184	13.37	0.75	37.08
185	13.04	0.75	36.62	185	23.73	0.75	37.62	185	13.39	0.75	37.09
186	13.03	0.75	36.64	186	23.75	0.75	37.63	186	13.40	0.75	37.10
187	13.01	0.75	36.66	187	23.76	0.75	37.64	187	13.42	0.75	37.11
188	12.99	0.75	36.68	188	23.77	0.75	37.65	188	13.43	0.75	37.12
189	12.97	0.75	36.70	189	23.79	0.75	37.66	189	13.44	0.75	37.13
190	12.95	0.75	36.72	190	23.8	0.75	37.67	190	13.46	0.75	37.14
191	12.95	0.75	36.74	191	23.81	0.75	37.67	191	13.47	0.75	37.15
192	12.95	0.75	36.76	192	23.82	0.75	37.68	192	13.49	0.75	37.16
193	12.93	0.75	36.78	193	23.84	0.75	37.69	193	13.50	0.75	37.17
194	12.93	0.75	36.80	194	23.85	0.75	37.70	194	13.51	0.75	37.18
195	12.93	0.75	36.82	195	23.86	0.75	37.71	195	13.53	0.75	37.19
196	12.93	0.75	36.84	196	23.88	0.75	37.72	196	13.54	0.75	37.20
197	12.92	0.75	36.86	197	23.89	0.75	37.73	197	13.56	0.75	37.21
198	12.9	0.75	36.88	198	23.9	0.75	37.74	198	13.57	0.75	37.22
199	12.9	0.75	36.90	199	23.91	0.75	37.75	199	13.58	0.75	37.23
200	12.9	0.75	36.92	200	23.93	0.75	37.76	200	13.60	0.75	37.24
201	12.9	0.75	36.94	201	23.94	0.75	37.76	201	13.61	0.75	37.25
202	12.9	0.75	36.96	202	23.95	0.75	37.77	202	13.63	0.75	37.26
203	12.9	0.75	36.98	203	23.97	0.75	37.78	203	13.64	0.75	37.27
204	12.89	0.75	37.00	204	23.98	0.75	37.79	204	13.65	0.75	37.28
205	12.89	0.75	37.02	205	23.99	0.75	37.80	205	13.67	0.75	37.29
206	12.89	0.75	37.04	206	24	0.75	37.81	206	13.68	0.75	37.30
207	12.89	0.75	37.06	207	24.02	0.75	37.82	207	13.70	0.75	37.31
208	12.89	0.75	37.08	208	24.03	0.75	37.83	208	13.71	0.75	37.32

209	12.89	0.75	37.10	209	24.04	0.75	37.84	209	13.72	0.75	37.33
210	12.89	0.75	37.12	210	24.06	0.75	37.85	210	13.74	0.75	37.34
211	12.89	0.75	37.14	211	24.07	0.75	37.85	211	13.75	0.75	37.35
212	12.87	0.75	37.16	212	24.08	0.75	37.86	212	13.77	0.75	37.36
213	12.87	0.75	37.18	213	24.09	0.75	37.87	213	13.78	0.75	37.37
214	12.87	0.75	37.20	214	24.11	0.75	37.88	214	13.79	0.75	37.38
215	12.87	0.75	37.22	215	24.12	0.75	37.89	215	13.81	0.75	37.39
216	12.87	0.75	37.24	216	24.13	0.75	37.90	216	13.82	0.75	37.40
217	12.87	0.75	37.26	217	24.15	0.75	37.91	217	13.84	0.75	37.41
218	12.87	0.75	37.28	218	24.16	0.75	37.92	218	13.85	0.75	37.42
219	12.87	0.75	37.30	219	24.17	0.75	37.93	219	13.86	0.75	37.43
220	12.87	0.75	37.32	220	24.18	0.75	37.94	220	13.88	0.75	37.44
221	12.87	0.75	37.34	221	24.2	0.75	37.94	221	13.89	0.75	37.45
222	12.86	0.75	37.36	222	24.21	0.75	37.95	222	13.91	0.75	37.46
223	12.86	0.75	37.38	223	24.22	0.75	37.96	223	13.92	0.75	37.47
224	12.86	0.75	37.40	224	24.24	0.75	37.97	224	13.93	0.75	37.48
225	12.86	0.60	37.42	225	24.25	0.75	37.98	225	13.95	0.75	37.49
226	12.86	0.60	37.44	226	24.26	0.75	37.99	226	13.96	0.75	37.50
227	12.86	0.60	37.46	227	24.28	0.75	38.00	227	13.98	0.75	37.51
228	12.86	0.60	37.48	228	24.29	0.75	38.01	228	13.99	0.75	37.52
229	12.86	0.60	37.50	229	24.3	0.75	38.02	229	14.00	0.75	37.53
230	12.86	0.60	37.52	230	24.31	0.75	38.03	230	14.02	0.75	37.54
231	12.86	0.60	37.54	231	24.33	0.75	38.03	231	14.03	0.75	37.55
232	12.86	0.60	37.56	232	24.34	0.75	38.04	232	14.05	0.75	37.56
233	12.86	0.60	37.58	233	24.35	0.75	38.05	233	14.06	0.75	37.57
234	12.86	0.60	37.60	234	24.37	0.75	38.06	234	14.07	0.75	37.58
235	12.86	0.60	37.62	235	24.38	0.75	38.07	235	14.09	0.75	37.59
236	12.84	0.60	37.64	236	24.39	0.75	38.08	236	14.10	0.75	37.60
237	12.84	0.50	37.66	237	24.4	0.75	38.09	237	14.12	0.75	37.61
238	12.84	0.50	37.68	238	24.42	0.75	38.10	238	14.13	0.75	37.62
239	12.84	0.50	37.70	239	24.43	0.75	38.11	239	14.14	0.75	37.63
240	12.84	0.50	37.72	240	24.44	0.75	38.12	240	14.16	0.75	37.64
241	12.84	0.50	37.74	241	24.46	0.75	38.12	241	14.17	0.75	37.65
242	12.84	0.50	37.76	242	24.47	0.75	38.13	242	14.19	0.75	37.66
243	12.78	0.50	37.78	243	24.48	0.75	38.14	243	14.20	0.75	37.67
244	12.78	0.50	37.80	244	24.49	0.75	38.15	244	14.21	0.75	37.68
245	12.78	0.50	37.86	245	24.51	0.75	38.16	245	14.23	0.75	37.69
246	12.78	0.50	37.92	246	24.52	0.75	38.17	246	14.24	0.75	37.70
247	12.78	0.50	37.98	247	24.53	0.75	38.18	247	14.26	0.75	37.71
248	12.78	0.50	38.04	248	24.55	0.75	38.19	248	14.27	0.75	37.72
249	12.78	0.50	38.10	249	24.56	0.75	38.20	249	14.28	0.75	37.73
250	12.78	0.50	38.16	250	24.57	0.75	38.21	250	14.30	0.75	37.74

251	12.78	0.50	38.22	251	24.58	0.75	38.21	251	14.31	0.75	37.75
252	12.78	0.50	38.28	252	24.6	0.75	38.22	252	14.33	0.75	37.76
				253	24.61	0.75	38.23	253	14.34	0.75	37.77
				254	24.62	0.75	38.24	254	14.35	0.75	37.78
				255	24.64	0.75	38.25	255	14.37	0.75	37.79
				256	24.65	0.75	38.26	256	14.38	0.75	37.80
				257	24.66	0.75	38.27	257	14.40	0.75	37.81
				258	24.67	0.75	38.28	258	14.41	0.75	37.82
				259	24.69	0.75	38.29	259	14.42	0.75	37.83
				260	24.7	0.75	38.30	260	14.44	0.75	37.84
				261	24.71	0.75	38.30	261	14.45	0.75	37.85
				262	24.73	0.75	38.31	262	14.47	0.75	37.86
				263	24.74	0.75	38.32	263	14.48	0.75	37.87
				264	24.75	0.75	38.33	264	14.49	0.75	37.88
				265	24.76	0.75	38.34	265	14.49	0.75	37.89
				266	24.78	0.75	38.35	266	14.51	0.75	37.90
				267	24.79	0.75	38.36	267	14.52	0.75	37.91
				268	24.8	0.75	38.37	268	14.54	0.75	37.92
				269	24.82	0.75	38.38	269	14.55	0.75	37.93
				270	24.83	0.75	38.39	270	14.56	0.75	37.94
				271	24.84	0.75	38.39	271	14.58	0.75	37.95
				272	24.85	0.75	38.40	272	14.59	0.75	37.96
				273	24.87	0.75	38.41	273	14.61	0.75	37.97
				274	24.88	0.75	38.42	274	14.62	0.75	37.98
				275	24.89	0.75	38.43	275	14.63	0.75	37.99
				276	24.91	0.75	38.44	276	14.65	0.75	38.00
				277	24.92	0.75	38.45	277	14.66	0.75	38.01
				278	24.93	0.75	38.46	278	14.68	0.75	38.02
				279	24.94	0.75	38.47	279	14.69	0.75	38.03
				280	24.96	0.75	38.48	280	14.70	0.75	38.04
				281	24.97	0.75	38.48	281	14.72	0.75	38.05
				282	24.98	0.75	38.49	282	14.73	0.75	38.06
				283	25	0.75	38.50	283	14.75	0.75	38.07
				284	25.01	0.75	38.51	284	14.76	0.75	38.08
				285	25.02	0.75	38.52	285	14.77	0.75	38.09
				286	25.04	0.75	38.53	286	14.79	0.75	38.10
				287	25.05	0.75	38.54	287	14.80	0.75	38.11
				288	25.06	0.75	38.55	288	14.82	0.75	38.12
				289	25.07	0.75	38.56	289	14.83	0.75	38.13
				290	25.09	0.75	38.57	290	14.82	0.75	38.14
				291	25.1	0.75	38.57	291	14.81	0.75	38.15
				292	25.11	0.75	38.58	292	14.80	0.75	38.16

				293	25.13	0.75	38.59	293	14.79	0.75	38.17
				294	25.14	0.75	38.60	294	14.78	0.75	38.18
				295	25.15	0.75	38.61	295	14.77	0.75	38.19
				296	25.16	0.75	38.62	296	14.76	0.75	38.20
				297	25.18	0.75	38.63	297	14.75	0.75	38.21
				298	25.19	0.75	38.64	298	14.74	0.75	38.22
				299	25.2	0.75	38.65	299	14.73	0.75	38.23
				300	25.22	0.75	38.66	300	14.72	0.75	38.24
				301	25.23	0.75	38.66	301	14.71	0.75	38.25
				302	25.24	0.75	38.67	302	14.70	0.75	38.26
				303	25.25	0.75	38.68	303	14.69	0.75	38.27
				304	25.27	0.75	38.69	304	14.68	0.75	38.28
				305	25.28	0.75	38.70	305	14.67	0.75	38.29
				306	25.29	0.75	38.71	306	14.66	0.75	38.30
				307	25.31	0.75	38.72	307	14.65	0.75	38.31
				308	25.32	0.75	38.73	308	14.64	0.75	38.32
				309	25.33	0.75	38.74	309	14.63	0.75	38.33
				310	25.34	0.75	38.75	310	14.62	0.75	38.34
				311	25.36	0.75	38.75	311	14.61	0.75	38.35
				312	25.37	0.75	38.76	312	14.60	0.75	38.36
				313	25.38	0.75	38.77	313	14.59	0.75	38.37
				314	25.4	0.75	38.78	314	14.58	0.75	38.38
				315	25.41	0.75	38.79	315	14.57	0.75	38.39
				316	25.42	0.75	38.80	316	14.56	0.75	38.40
				317	25.43	0.75	38.81	317	14.55	0.75	38.41
				318	25.45	0.75	38.82	318	14.54	0.75	38.42
				319	25.15	0.75	38.83	319	14.53	0.75	38.43
				320	25.13	0.75	38.84	320	14.52	0.75	38.44
				321	25.13	0.75	38.84	321	14.51	0.75	38.45
				322	25.12	0.75	38.85	322	14.50	0.75	38.46
				323	25.11	0.75	38.86	323	14.49	0.75	38.47
				324	25.1	0.75	38.87	324	14.48	0.75	38.48
				325	25.09	0.75	38.88	325	14.47	0.75	38.49
				326	25.08	0.75	38.89	326	14.46	0.75	38.50
				327	25.07	0.75	38.90	327	14.45	0.75	38.51
				328	25.06	0.75	38.91	328	14.44	0.75	38.52
				329	25.05	0.75	38.92	329	14.43	0.75	38.53
				330	25.04	0.75	38.93	330	14.42	0.75	38.54
				331	25.03	0.75	38.93	331	14.41	0.75	38.55
				332	25.02	0.75	38.94	332	14.40	0.75	38.56
				333	25.01	0.75	38.95	333	14.39	0.75	38.57
				334	25.01	0.75	38.96	334	14.38	0.75	38.58

				335	25	0.60	38.97	335	14.37	0.75	38.59
				336	24.99	0.60	38.98	336	14.36	0.75	38.60
				337	24.98	0.60	38.99	337	14.35	0.75	38.61
				338	24.97	0.60	39.00	338	14.34	0.75	38.62
				339	24.96	0.60	39.01	339	14.33	0.75	38.63
				340	24.95	0.50	39.02	340	14.32	0.75	38.64
				341	24.94	0.50	39.02	341	14.31	0.75	38.65
				342	24.93	0.50	39.03	342	14.30	0.75	38.66
				343	24.92	0.50	39.04	343	14.29	0.75	38.67
				344	24.91	0.50	39.05	344	14.28	0.75	38.68
				345	24.9	0.50	39.06	345	14.27	0.75	38.69
				346	24.9	0.50	39.07	346	14.26	0.75	38.70
				347	24.89	0.50	39.08	347	14.25	0.75	38.71
				348	24.88	0.50	39.09	348	14.24	0.75	38.72
				349	24.87	0.50	39.10	349	14.23	0.75	38.73
				350	24.86	0.50	39.11	350	14.22	0.75	38.74
				351	24.85	0.50	39.11	351	14.21	0.75	38.75
				352	24.84	0.50	39.12	352	14.20	0.75	38.76
				353	24.83	0.50	39.13	353	14.19	0.75	38.77
				354	24.82	0.50	39.14	354	14.18	0.75	38.78
				355	24.81	0.50	39.15	355	14.17	0.75	38.79
				356	24.8	0.50	39.16	356	14.16	0.75	38.80
				357	24.79	0.50	39.17	357	14.15	0.75	38.81
				358	24.78	0.50	39.18	358	14.14	0.75	38.82
				359	24.78	0.50	39.19	359	14.13	0.75	38.83
				360	24.77	0.50	39.20	360	14.12	0.75	38.84
				361	24.76	0.50	39.20	361	14.11	0.75	38.85
				362	24.75	0.50	39.21	362	14.10	0.75	38.86
				363	24.74	0.50	39.22	363	14.09	0.75	38.87
				364	24.73	0.50	39.23	364	14.08	0.75	38.88
				365	24.72	0.50	39.24	365	14.07	0.75	38.89
				366	24.71	0.50	39.25	366	14.06	0.75	38.90
				367	24.7	0.50	39.26	367	14.05	0.75	38.91
				368	24.69	0.50	39.27	368	14.04	0.75	38.92
				369	24.68	0.50	39.28	369	14.03	0.75	38.93
				370	24.67	0.50	39.29	370	14.02	0.75	38.94
				371	24.67	0.50	39.29	371	14.01	0.75	38.95
				372	24.66	0.50	39.30	372	14.00	0.75	38.96
				373	24.65	0.50	39.31	373	13.99	0.75	38.97
				374	24.64	0.50	39.32	374	13.98	0.75	38.98
				375	24.63	0.50	39.33	375	13.97	0.75	38.99
				376	24.62	0.50	39.34	376	13.96	0.75	39.00

				377	24.61	0.50	39.35	377	13.95	0.75	39.01
				378	24.6	0.50	39.36	378	13.94	0.75	39.02
				379	24.59	0.50	39.37	379	13.93	0.75	39.03
				380	24.58	0.50	39.38	380	13.92	0.75	39.04
				381	24.57	0.50	39.38	381	13.91	0.75	39.05
				382	24.56	0.50	39.39	382	13.90	0.75	39.06
				383	24.55	0.50	39.40	383	13.89	0.75	39.07
				384	24.55	0.50	39.41	384	13.88	0.75	39.08
				385	24.54	0.50	39.42	385	13.87	0.75	39.09
				386	24.53	0.50	39.43	386	13.86	0.75	39.10
				387	24.52	0.50	39.44	387	13.85	0.75	39.11
				388	24.51	0.40	39.45	388	13.84	0.75	39.12
				389	24.5	0.40	39.46	389	13.83	0.75	39.13
				390	24.49	0.40	39.47	390	13.82	0.75	39.14
				391	24.48	0.40	39.47	391	13.81	0.75	39.15
				392	24.47	0.40	39.48	392	13.80	0.75	39.16
				393	24.46	0.40	39.49	393	13.79	0.75	39.17
				394	24.45	0.40	39.50	394	13.78	0.75	39.18
				395	24.44	0.40	39.51	395	13.77	0.75	39.19
				396	24.44	0.40	39.52	396	13.76	0.75	39.20
				397	24.43	0.40	39.53	397	13.75	0.75	39.21
				398	24.42	0.40	39.54	398	13.74	0.75	39.22
				399	24.41	0.40	39.55	399	13.73	0.75	39.23
				400	24.4	0.40	39.56	400	13.72	0.75	39.24
				401	24.39	0.40	39.56	401	13.71	0.75	39.25
				402	24.38	0.40	39.57	402	13.70	0.75	39.26
				403	24.37	0.40	39.58	403	13.69	0.75	39.27
				404	24.36	0.40	39.60	404	13.68	0.75	39.28
								405	13.67	0.75	39.29
								406	13.66	0.75	39.30
								407	13.65	0.75	39.31
								408	13.64	0.75	39.32
								409	13.63	0.75	39.33
								410	13.62	0.75	39.34
								411	13.61	0.75	39.35
								412	13.60	0.75	39.36
								413	13.59	0.75	39.37
								414	13.58	0.75	39.38
								415	13.57	0.75	39.39
								416	13.56	0.75	39.40
								417	13.55	0.75	39.41
								418	13.54	0.75	39.42

								419	13.53	0.75	39.43
								420	13.52	0.75	39.44
								421	13.51	0.75	39.45
								422	13.50	0.75	39.46
								423	13.49	0.75	39.47
								424	13.48	0.75	39.48
								425	13.47	0.75	39.49
								426	13.46	0.75	39.50
								427	13.45	0.75	39.51
								428	13.44	0.75	39.52
								429	13.43	0.75	39.53
								430	13.42	0.75	39.54
								431	13.41	0.75	39.55
								432	13.40	0.75	39.56
								433	13.39	0.75	39.57
								434	13.38	0.75	39.58
								435	13.37	0.75	39.59
								436	13.36	0.75	39.60
								437	13.35	0.75	39.61
								438	13.34	0.75	39.62
								439	13.33	0.75	39.63
								440	13.32	0.75	39.64
								441	13.31	0.75	39.65
								442	13.30	0.75	39.66
								443	13.29	0.75	39.67
								444	13.28	0.75	39.68
								445	13.27	0.75	39.69
								446	13.26	0.75	39.70
								447	13.25	0.75	39.71
								448	13.24	0.75	39.72
								449	13.23	0.75	39.73
								450	13.22	0.75	39.74
								451	13.21	0.75	39.75
								452	13.20	0.75	39.76
								453	13.19	0.75	39.77
								454	13.18	0.75	39.78
								455	13.17	0.75	39.79
								456	13.16	0.75	39.80
								457	13.15	0.75	39.81
								458	13.14	0.75	39.82
								459	13.13	0.75	39.83
								460	13.12	0.75	39.84

								461	13.11	0.75	39.85
								462	13.10	0.75	39.86
								463	13.09	0.75	39.87
								464	13.08	0.75	39.88
								465	13.07	0.75	39.89
								466	13.06	0.75	39.90
								467	13.05	0.75	39.91
								468	13.04	0.75	39.92
								469	13.03	0.75	39.93
								470	13.02	0.75	39.94
								471	13.01	0.75	39.95
								472	13.00	0.75	39.96
								473	12.99	0.75	39.97
								474	12.98	0.75	39.98
								475	12.97	0.75	39.99
								476	12.96	0.75	40.00
								477	12.95	0.75	40.01
								478	12.94	0.75	40.02
								479	12.93	0.75	40.03
								480	12.92	0.75	40.04
								481	12.91	0.75	40.05
								482	12.90	0.75	40.06
								483	12.89	0.75	40.07
								484	12.88	0.75	40.08
								485	12.87	0.75	40.09
								486	12.86	0.75	40.10
								487	12.85	0.75	40.11
								488	12.84	0.75	40.12
								489	12.83	0.75	40.13
								490	12.82	0.75	40.14
								491	12.81	0.75	40.15
								492	12.80	0.75	40.16
								493	12.79	0.75	40.17
								494	12.78	0.75	40.18
								495	12.77	0.75	40.19
								496	12.76	0.75	40.20
								497	12.75	0.75	40.21
								498	12.74	0.75	40.22
								499	12.73	0.75	40.23
								500	12.72	0.75	40.24
								501	12.71	0.75	40.25
								502	12.70	0.75	40.26

								503	12.69	0.75	40.27
								504	12.68	0.75	40.28
								505	12.67	0.75	40.29
								506	12.66	0.75	40.30
								507	12.65	0.75	40.31
								508	12.64	0.75	40.32
								509	12.63	0.75	40.33
								510	12.62	0.75	40.34
								511	12.61	0.75	40.35
								512	12.60	0.60	40.36
								513	12.59	0.60	40.37
								514	12.58	0.60	40.38
								515	12.57	0.60	40.39
								516	12.56	0.60	40.40
								517	12.55	0.60	40.41
								518	12.54	0.60	40.42
								519	12.53	0.60	40.43
								520	12.52	0.40	40.44
								521	12.51	0.40	40.45
								522	12.50	0.40	40.46
								523	12.49	0.40	40.47
								524	12.48	0.40	40.48
								525	12.47	0.40	40.49
								526	12.46	0.40	40.50
								527	12.45	0.40	40.51
								528	12.44	0.40	40.52
								529	12.43	0.40	40.53
								530	12.42	0.40	40.54
								531	12.41	0.40	40.55
								532	12.40	0.40	40.56
								533	12.39	0.40	40.57
								534	12.38	0.40	40.58
								535	12.37	0.40	40.59
								536	12.36	0.40	40.60

Data Pengisian Baterai Secara seri Menggunakan Metode Smart Charging

Time (menit)	Volt (V)	Arus (A)	Temperature Baterai (Celcius)	Temperature dalam Panel (celcius)	Time (menit)	Volt (V)	Arus (ampere)	Temperature Baterai (Celcius)	Temperature dalam Panel (celcius)
1	21.05	1	30.61	32.13	327	23.68	0.75	37.16	37.02
2	21.09	1	30.61	32.14	328	23.68	0.75	37.16	37.03
3	21.11	1	30.61	32.16	329	23.72	0.75	37.16	37.06
4	21.11	1	30.61	32.17	330	23.72	0.75	37.16	37.08
5	21.11	1	30.61	32.19	331	23.72	0.75	37.16	37.10
6	21.15	1	30.61	32.20	332	23.72	0.75	37.16	37.12
7	21.19	1	30.61	32.22	333	23.79	0.75	37.16	37.14
8	21.23	1	30.61	32.23	334	23.79	0.75	37.16	37.16
9	21.23	1	30.61	32.25	335	23.79	0.75	37.16	37.18
10	21.21	1	30.61	32.26	336	23.79	0.75	37.16	37.20
11	21.25	1	30.61	32.28	337	23.81	0.75	37.16	37.22
12	21.25	1	30.61	32.29	338	23.81	0.75	37.16	37.24
13	21.27	1	30.61	32.31	339	23.81	0.75	37.16	37.26
14	21.27	1	30.61	32.32	340	23.81	0.75	37.16	37.28
15	21.26	1	30.61	32.34	341	23.81	0.75	37.16	37.30
16	21.26	1	30.61	32.35	342	23.81	0.75	37.16	37.32
17	21.29	1	31.06	32.37	343	23.81	0.75	37.16	37.34
18	21.3	1	31.06	32.38	344	23.81	0.75	37.16	37.36
19	21.31	1	31.06	32.40	345	23.81	0.75	37.16	37.39
20	21.31	1	31.06	32.41	346	23.86	0.75	37.16	37.41
21	21.32	1	31.06	32.43	347	23.85	0.75	37.16	37.43
22	21.33	1	31.06	32.44	348	23.86	0.75	37.16	37.45
23	21.35	1	31.06	32.46	349	23.86	0.75	37.16	37.47
24	21.34	1	31.06	32.47	350	23.86	0.75	37.16	37.49
25	21.35	1	31.06	32.49	351	23.88	0.75	37.16	37.51
26	21.36	1	31.06	32.50	352	23.88	0.75	37.16	37.53
27	21.36	1	31.06	32.52	353	23.89	0.75	37.16	37.55
28	21.36	1	31.06	32.53	354	23.9	0.75	37.16	37.57
29	21.36	1	31.06	32.55	355	23.89	0.75	37.16	37.59
30	21.36	1	31.06	32.56	356	23.9	0.75	37.16	37.61
31	21.4	1	31.06	32.58	357	23.89	0.75	37.16	37.63
32	21.41	1	31.06	32.59	358	23.9	0.75	37.16	37.65
33	21.42	1	31.06	32.61	359	23.9	0.75	37.16	37.67
34	21.42	1	31.06	32.62	360	23.9	0.75	37.16	37.69
35	21.46	1	31.06	32.64	361	23.91	0.75	37.16	37.71

36	21.46	1	31.06	32.65	362	23.92	0.75	37.16	37.73
37	21.46	1	31.06	32.67	363	23.9	0.75	37.16	37.75
38	21.49	1	31.06	32.68	364	23.9	0.75	38.47	37.77
39	21.49	1	31.06	32.70	365	23.89	0.75	38.47	37.80
40	21.49	1	31.06	32.71	366	23.89	0.75	38.47	37.82
41	21.52	1	31.06	32.73	367	23.89	0.75	38.47	37.84
42	21.56	1	31.06	32.74	368	23.89	0.75	38.47	37.86
43	21.57	1	31.06	32.76	369	23.89	0.75	38.47	37.88
44	21.62	1	31.06	32.77	370	23.89	0.75	38.47	37.90
45	21.61	1	31.06	32.79	371	23.89	0.75	38.47	37.92
46	21.63	1	31.06	32.80	372	23.89	0.75	38.47	37.94
47	21.65	1	31.06	32.82	373	23.89	0.75	38.47	37.96
48	21.66	1	31.06	32.83	374	23.89	0.75	38.47	37.98
49	21.7	1	31.06	32.85	375	23.89	0.75	38.47	38.00
50	21.69	1	31.06	32.86	376	23.89	0.75	38.47	38.02
51	21.7	1	31.06	32.88	377	23.89	0.75	38.47	38.04
52	21.72	1	31.06	32.89	378	23.89	0.75	38.47	38.06
53	21.73	1	31.06	32.91	379	23.89	0.75	38.47	38.08
54	21.75	1	31.06	32.92	380	23.89	0.75	38.47	38.10
55	21.74	1	31.06	32.94	381	23.85	0.75	38.47	38.12
56	21.75	1	31.06	32.95	382	23.85	0.75	38.47	38.14
57	21.76	1	31.06	32.97	383	23.85	0.75	38.47	38.16
58	21.77	1	31.06	32.98	384	23.85	0.75	38.47	38.18
59	21.77	1	31.06	33.00	385	23.85	0.75	38.47	38.21
60	21.8	1	31.06	33.01	386	23.85	0.75	38.47	38.23
61	21.8	1	31.06	33.03	387	23.85	0.75	38.47	38.25
62	21.8	1	31.06	33.04	388	23.85	0.75	38.47	38.27
63	21.8	1	31.06	33.06	389	23.85	0.75	38.47	38.29
64	21.8	1	31.06	33.07	390	23.85	0.75	38.47	38.31
65	21.8	1	31.06	33.09	391	23.85	0.75	38.47	38.33
66	21.8	1	31.06	33.10	392	23.85	0.75	38.47	38.35
67	21.8	1	31.06	33.12	393	23.85	0.75	38.47	38.37
68	21.8	1	31.06	33.13	394	23.85	0.75	38.47	38.39
69	21.84	1	31.06	33.15	395	23.85	0.75	38.47	38.41
70	21.86	1	31.06	33.16	396	23.85	0.75	38.47	38.43
71	21.86	1	31.06	33.18	397	23.85	0.75	38.47	38.45
72	21.88	1	31.06	33.19	398	23.85	0.75	39.64	38.47
73	21.88	1	31.06	33.21	399	23.85	0.75	39.64	38.49
74	21.88	1	31.06	33.22	400	23.85	0.75	39.64	38.51
75	21.88	1	31.06	33.24	401	23.85	0.75	39.64	38.53
76	21.88	1	31.06	33.25	402	23.85	0.75	39.64	38.55
77	21.87	1	31.06	33.27	403	23.85	0.75	39.64	38.57

78	21.88	1	31.06	33.28	404	23.85	0.75	39.64	38.59
79	21.89	1	31.06	33.30	405	23.85	0.75	39.64	38.62
80	21.89	1	31.06	33.31	406	23.85	0.75	39.64	38.64
81	21.89	1	31.06	33.33	407	23.85	0.75	39.64	38.66
82	21.89	1	31.06	33.34	408	23.85	0.75	39.64	38.68
83	21.9	1	31.06	33.36	409	23.85	0.75	39.64	38.70
84	21.9	1	31.06	33.37	410	23.85	0.75	39.64	38.72
85	21.9	1	31.06	33.39	411	23.85	0.75	39.64	38.74
86	21.92	1	31.06	33.40	412	23.84	0.75	39.64	38.76
87	21.92	1	31.06	33.42	413	23.84	0.75	39.64	38.78
88	21.9	1	31.06	33.43	414	23.84	0.75	39.64	38.80
89	21.92	1	31.06	33.45	415	23.81	0.75	39.64	38.82
90	21.92	1	31.06	33.46	416	23.81	0.75	39.64	38.84
91	21.94	1	31.06	33.48	417	23.81	0.75	39.64	38.86
92	21.94	1	31.06	33.49	418	23.81	0.75	39.64	38.88
93	21.94	1	31.06	33.51	419	23.81	0.75	39.64	38.90
94	21.94	1	31.06	33.52	420	23.8	0.75	39.64	38.92
95	21.94	1	31.06	33.54	421	23.81	0.75	39.64	38.94
96	21.95	1	31.06	33.55	422	23.8	0.75	39.64	38.96
97	21.95	1	31.06	33.57	423	23.8	0.75	39.64	38.98
98	21.95	1	31.06	33.58	424	23.8	0.75	39.64	39.00
99	21.95	1	31.06	33.60	425	23.79	0.75	39.64	39.03
100	21.95	1	31.06	33.61	426	23.79	0.75	39.64	39.05
101	21.96	1	31.06	33.63	427	23.79	0.75	39.64	39.07
102	21.96	1	31.06	33.64	428	23.79	0.75	39.64	39.09
103	21.96	1	31.06	33.66	429	23.79	0.75	39.64	39.11
104	21.96	1	31.06	33.67	430	23.79	0.75	39.64	39.13
105	21.96	1	31.48	33.69	431	23.79	0.75	39.64	39.15
106	22.03	1	31.48	33.70	432	23.79	0.75	39.64	39.17
107	22.01	1	31.48	33.72	433	23.79	0.75	39.64	39.19
108	22	1	31.48	33.73	434	23.79	0.75	39.64	39.21
109	22.09	1	31.48	33.75	435	23.79	0.75	39.64	39.23
110	22.15	1	31.48	33.76	436	23.79	0.75	39.64	39.25
111	22.15	1	31.48	33.78	437	23.79	0.75	39.64	39.27
112	22.16	1	31.48	33.79	438	23.79	0.75	39.64	39.29
113	22.16	1	31.48	33.81	439	23.77	0.75	39.64	39.31
114	22.19	1	31.48	33.82	440	23.77	0.75	39.64	39.33
115	22.2	1	31.48	33.84	441	23.77	0.75	39.64	39.35
116	22.23	1	31.48	33.85	442	23.77	0.75	39.64	39.37
117	22.23	1	31.48	33.87	443	23.77	0.75	39.64	39.39
118	22.25	1	31.48	33.88	444	23.77	0.75	39.64	39.41
119	22.24	1	31.48	33.90	445	23.77	0.75	39.64	39.44

120	22.25	1	31.48	33.91	446	23.77	0.75	39.64	39.46
121	22.25	1	31.48	33.93	447	23.77	0.75	39.64	39.48
122	22.25	1	31.48	33.94	448	23.77	0.75	39.64	39.50
123	22.25	1	31.48	33.96	449	23.72	0.75	39.64	39.52
124	22.25	1	31.48	33.97	450	23.72	0.75	40.73	39.54
125	22.25	1	31.48	33.99	451	23.71	0.75	40.73	39.56
126	22.25	1	31.48	34.00	452	23.71	0.75	40.73	39.58
127	22.25	1	31.48	34.02	453	23.71	0.75	40.73	39.60
128	22.25	1	31.48	34.03	454	23.71	0.75	40.73	39.62
129	22.25	1	32.12	34.05	455	23.71	0.75	40.73	39.64
130	22.25	1	32.12	34.06	456	23.69	0.75	40.73	39.66
131	22.27	1	32.12	34.08	457	23.69	0.75	40.73	39.68
132	22.27	1	32.12	34.09	458	23.69	0.75	40.73	39.70
133	22.27	1	32.12	34.11	459	23.69	0.75	40.73	39.72
134	22.26	1	32.12	34.12	460	23.67	0.75	40.73	39.74
135	22.28	0.75	32.12	34.14	461	23.67	0.75	40.73	39.76
136	22.28	0.75	32.12	34.15	462	23.67	0.75	40.73	39.78
137	22.28	0.75	32.12	34.17	463	23.67	0.75	40.73	39.80
138	22.28	0.75	32.12	34.18	464	23.63	0.75	40.73	39.82
139	22.28	0.75	32.12	34.20	465	23.63	0.75	40.73	39.85
140	22.29	0.75	32.12	34.21	466	23.63	0.75	40.73	39.87
141	22.3	0.75	32.12	34.23	467	23.63	0.75	40.73	39.89
142	22.3	0.75	32.12	34.24	468	23.63	0.75	40.73	39.91
143	22.32	0.75	32.12	34.26	469	23.63	0.75	40.73	39.93
144	22.32	0.75	32.12	34.27	470	23.63	0.75	40.73	39.95
145	22.32	0.75	32.12	34.29	471	23.63	0.75	40.73	39.97
146	22.32	0.75	33.38	34.30	472	23.63	0.75	40.73	39.99
147	22.32	0.75	33.38	34.32	473	23.63	0.75	40.73	40.01
148	22.32	0.75	33.38	34.33	474	23.61	0.75	40.73	40.03
149	22.35	0.75	33.38	34.35	475	23.61	0.75	40.73	40.05
150	22.35	0.75	33.38	34.36	476	23.61	0.75	40.73	40.07
151	22.35	0.75	33.38	34.38	477	23.6	0.3	40.73	40.09
152	22.35	0.75	33.38	34.39	478	23.6	0.3	40.73	40.11
153	22.35	0.75	33.38	34.41	479	23.6	0.3	40.73	40.13
154	22.35	0.75	33.38	34.42	480	23.62	0.3	40.73	40.15
155	22.35	0.75	33.38	34.44	481	23.62	0.3	41.35	40.17
156	22.35	0.75	33.38	34.45	482	23.62	0.3	41.35	40.19
157	22.35	0.75	33.38	34.47	483	23.62	0.3	41.35	40.21
158	22.36	0.75	33.38	34.48	484	23.62	0.3	41.35	40.23
159	22.36	0.75	33.38	34.50	485	23.62	0.3	41.35	40.26
160	22.37	0.75	33.38	34.51	486	23.71	0.3	41.35	40.28
161	22.36	0.75	33.38	34.53	487	23.71	0.3	41.35	40.30

162	22.37	0.75	33.38	34.54	488	23.71	0.3	41.35	40.32
163	22.37	0.75	33.38	34.56	489	23.79	0.3	41.35	40.34
164	22.37	0.75	33.38	34.57	490	23.79	0.3	41.35	40.36
165	22.37	0.75	33.38	34.59	491	23.84	0.3	41.35	40.38
166	22.37	0.75	33.38	34.60	492	23.84	0.3	41.35	40.40
167	22.38	0.75	33.38	34.62	493	23.84	0.3	41.35	40.42
168	22.38	0.75	33.38	34.63	494	23.92	0.3	41.35	40.44
169	22.38	0.75	33.38	34.65	495	23.92	0.3	41.35	40.46
170	22.38	0.75	33.38	34.66	496	23.92	0.3	41.35	40.48
171	22.38	0.75	33.38	34.68	497	23.92	0.3	41.35	40.50
172	22.37	0.75	34.25	34.69	498	23.92	0.3	41.35	40.52
173	22.39	0.75	34.25	34.71	499	23.92	0.3	41.35	40.54
174	22.39	0.75	34.25	34.72	500	23.92	0.3	41.35	40.56
175	22.4	0.75	34.25	34.74	501	23.92	0.3	41.35	40.58
176	22.4	0.75	34.25	34.75	502	23.92	0.3	41.35	40.60
177	22.4	0.75	34.25	34.77	503	23.92	0.3	41.35	40.62
178	22.4	0.75	34.25	34.78	504	23.92	0.3	41.35	40.64
179	22.4	0.75	34.25	34.80	505	23.92	0.3	41.35	40.67
180	22.4	0.75	34.25	34.81	506	23.92	0.3	41.35	40.69
181	22.4	0.75	34.25	34.83	507	23.92	0.3	41.35	40.71
182	22.4	0.75	34.25	34.84	508	23.92	0.3	41.35	40.73
183	22.4	0.75	34.25	34.86	509	23.92	0.3	41.35	40.75
184	22.41	0.75	34.25	34.87	510	23.92	0.3	41.35	40.77
185	22.41	0.75	34.25	34.89	511	23.92	0.3	41.35	40.79
186	22.41	0.75	34.25	34.90	512	23.98	0.3	41.35	40.81
187	22.42	0.75	34.25	34.92	513	23.98	0.3	41.35	40.83
188	22.42	0.75	34.25	34.93	514	23.98	0.3	41.35	40.85
189	22.42	0.75	34.25	34.95	515	23.98	0.3	42.86	40.87
190	22.42	0.75	34.25	34.96	516	23.98	0.3	42.86	40.89
191	22.42	0.75	34.25	34.98	517	23.98	0.3	42.86	40.91
192	22.42	0.75	34.25	34.99	518	23.98	0.3	42.86	40.93
193	22.42	0.75	34.25	35.01	519	24.01	0.3	42.86	40.95
194	22.43	0.75	34.25	35.02	520	24.01	0.3	42.86	40.97
195	22.43	0.75	34.25	35.04	521	24.01	0.3	42.86	40.99
196	22.43	0.75	34.25	35.05	522	24.01	0.3	42.86	41.01
197	22.44	0.75	34.25	35.07	523	24.01	0.3	42.86	41.03
198	22.44	0.75	34.25	35.08	524	24.13	0.3	42.86	41.05
199	22.44	0.75	34.25	35.10	525	24.13	0.3	42.86	41.08
200	22.42	0.75	34.25	35.11	526	24.13	0.3	42.86	41.10
201	22.42	0.75	34.25	35.13	527	24.13	0.3	42.86	41.12
202	22.43	0.75	34.25	35.14	528	24.22	0.3	42.86	41.14
203	22.43	0.75	34.25	35.16	529	24.22	0.3	42.86	41.16

204	22.45	0.75	34.25	35.17	530	24.22	0.3	42.86	41.18
205	22.45	0.75	34.25	35.19	531	24.22	0.3	42.86	41.20
206	22.48	0.75	34.25	35.20	532	24.29	0.3	42.86	41.22
207	22.48	0.75	34.25	35.22	533	24.29	0.3	42.86	41.24
208	22.48	0.75	34.25	35.23	534	24.29	0.3	42.86	41.26
209	22.48	0.75	34.25	35.25	535	24.3	0.3	42.86	41.28
210	22.51	0.75	34.25	35.26	536	24.3	0.3	42.86	41.30
211	22.51	0.75	34.25	35.28	537	24.3	0.3	42.86	41.32
212	22.51	0.75	34.25	35.29	538	24.3	0.3	42.86	41.34
213	22.51	0.75	34.25	35.31	539	24.3	0.3	42.86	41.36
214	22.51	0.75	34.25	35.32	540	24.3	0.3	42.86	41.38
215	22.53	0.75	34.25	35.34	541	24.3	0.3	42.86	41.40
216	22.53	0.75	34.25	35.35	542	24.3	0.3	42.86	41.42
217	22.53	0.75	35.14	35.37	543	24.3	0.3	42.86	41.44
218	22.54	0.75	35.14	35.38	544	24.3	0.3	42.86	41.46
219	22.54	0.75	35.14	35.40	545	24.3	0.3	42.86	41.49
220	22.59	0.75	35.14	35.41	546	24.3	0.3	42.86	41.51
221	22.59	0.75	35.14	35.43	547	24.3	0.3	42.86	41.53
222	22.59	0.75	35.14	35.44	548	24.33	0.3	42.86	41.55
223	22.61	0.75	35.14	35.46	549	24.33	0.3	42.86	41.57
224	22.61	0.75	35.14	35.47	550	24.33	0.3	42.86	41.59
225	22.61	0.75	35.14	35.49	551	24.33	0.3	42.86	41.61
226	22.63	0.75	35.14	35.50	552	24.33	0.3	42.86	41.63
227	22.63	0.75	35.14	35.52	553	24.33	0.3	42.86	41.65
228	22.63	0.75	35.14	35.53	554	24.37	0.3	42.86	41.67
229	22.67	0.75	35.14	35.55	555	24.37	0.3	42.86	41.69
230	22.67	0.75	35.14	35.56	556	24.37	0.3	42.86	41.71
231	22.72	0.75	35.14	35.58	557	24.37	0.3	42.86	41.73
232	22.72	0.75	35.14	35.59	558	24.37	0.3	42.86	41.75
233	22.74	0.75	35.14	35.61	559	24.38	0.3	42.86	41.77
234	22.74	0.75	35.14	35.62	560	24.38	0.3	42.86	41.79
235	22.76	0.75	35.14	35.64	561	24.38	0.3	42.86	41.81
236	22.79	0.75	35.14	35.65	562	24.38	0.3	42.86	41.83
237	22.79	0.75	35.14	35.67	563	24.38	0.3	42.86	41.85
238	22.8	0.75	35.14	35.68	564	24.42	0.3	42.86	41.87
239	22.8	0.75	35.14	35.70	565	24.42	0.3	42.86	41.90
240	22.8	0.75	35.14	35.71	566	24.42	0.3	42.86	41.92
241	22.8	0.75	36.38	35.73	567	24.42	0.3	42.86	41.94
242	22.8	0.75	36.38	35.74	568	24.42	0.3	42.86	41.96
243	22.8	0.75	36.38	35.76	569	24.42	0.3	42.86	41.98
244	22.8	0.75	36.38	35.77	570	24.42	0.3	42.86	42.00
245	22.8	0.75	36.38	35.79	571	24.42	0.3	42.86	42.02

246	22.82	0.75	36.38	35.80	572	24.42	0.3	42.86	42.04
247	22.82	0.75	36.38	35.82	573	24.42	0.3	42.86	42.06
248	22.83	0.75	36.38	35.83	574	24.42	0.3	42.86	42.08
249	22.83	0.75	36.38	35.85	575	24.42	0.3	42.86	42.10
250	22.83	0.75	36.38	35.86	576	24.42	0.3	42.86	42.12
251	22.83	0.75	36.38	35.88	577	24.42	0.3	42.86	42.14
252	22.83	0.75	36.38	35.89	578	24.42	0.3	42.86	42.16
253	22.83	0.75	36.38	35.91	579	24.42	0.3	42.86	42.18
254	22.84	0.75	36.38	35.92	580	24.42	0.3	42.86	42.20
255	22.84	0.75	36.38	35.94	581	24.42	0.3	42.86	42.22
256	22.84	0.75	36.38	35.95	582	24.47	0.3	42.86	42.24
257	22.84	0.75	36.38	35.97	583	24.47	0.3	42.86	42.26
258	22.84	0.75	36.38	35.98	584	24.47	0.3	42.86	42.28
259	22.86	0.75	36.38	36.00	585	24.47	0.3	42.86	42.31
260	22.86	0.75	36.38	36.01	586	24.47	0.3	42.86	42.33
261	22.86	0.75	36.38	36.03	587	24.47	0.3	42.86	42.35
262	22.86	0.75	36.38	36.04	588	24.47	0.3	42.86	42.37
263	22.86	0.75	36.38	36.06	589	24.47	0.3	42.86	42.39
264	22.86	0.75	36.38	36.07	590	24.47	0.3	42.86	42.41
265	22.86	0.75	36.38	36.09	591	24.5	0.3	42.86	42.43
266	22.89	0.75	36.38	36.10	592	24.5	0.3	42.86	42.45
267	22.89	0.75	36.38	36.12	593	24.5	0.3	42.86	42.47
268	22.89	0.75	36.38	36.13	594	24.5	0.3	42.86	42.49
269	22.9	0.75	36.38	36.15	595	24.5	0.3	42.86	42.51
270	22.9	0.75	36.38	36.16	596	24.5	0.3	42.86	42.53
271	22.9	0.75	36.38	36.18	597	24.5	0.3	42.86	42.55
272	22.9	0.75	36.38	36.19	598	24.5	0.3	42.86	42.57
273	22.9	0.75	36.38	36.21	599	24.5	0.3	42.86	42.59
274	22.9	0.75	36.38	36.22	600	24.5	0.3	42.86	42.61
275	22.9	0.75	36.38	36.24	601	24.5	0.3	42.86	42.63
276	22.93	0.75	36.38	36.25	602	24.5	0.3	42.86	42.65
277	22.93	0.75	36.38	36.27	603	24.5	0.3	42.86	42.67
278	22.93	0.75	36.38	36.28	604	24.5	0.3	42.86	42.69
279	22.93	0.75	36.38	36.30	605	24.5	0.3	42.86	42.72
280	22.97	0.75	36.38	36.31	606	24.5	0.3	42.86	42.74
281	22.97	0.75	36.38	36.33	607	24.5	0.3	42.86	42.76
282	22.97	0.75	36.38	36.34	608	24.5	0.3	42.86	42.78
283	22.97	0.75	36.38	36.36	609	24.5	0.3	42.86	42.80
284	22.97	0.75	36.38	36.37	610	24.5	0.3	42.86	42.82
285	22.97	0.75	36.38	36.39	611	24.5	0.3	42.86	42.84
286	22.97	0.75	36.38	36.40	612	24.5	0.3	42.86	42.86
287	22.98	0.75	36.38	36.42	613	24.5	0.3	42.86	42.88

288	22.98	0.75	36.38	36.43	614	24.5	0.3	42.86	42.90
289	23.03	0.75	36.38	36.45	615	24.5	0.3	42.86	42.92
290	23.03	0.75	36.38	36.46	616	24.5	0.3	42.86	42.94
291	23.03	0.75	36.38	36.48	617	24.5	0.3	42.86	42.96
292	23.07	0.75	36.38	36.49	618	24.5	0.3	42.86	42.98
293	23.07	0.75	36.38	36.51	619	24.5	0.3	42.86	43.00
294	23.07	0.75	36.38	36.52	620	24.5	0.3	42.86	43.02
295	23.09	0.75	36.38	36.54	621	24.5	0.3	42.86	43.04
296	23.09	0.75	36.38	36.55	622	24.5	0.3	42.86	43.06
297	23.11	0.75	36.38	36.57	623	24.5	0.3	42.86	43.08
298	23.11	0.75	36.38	36.58	624	24.5	0.3	42.86	43.10
299	23.1	0.75	36.38	36.60	625	24.5	0.3	42.86	43.13
300	23.1	0.75	36.38	36.61					
301	23.1	0.75	36.38	36.63					
302	23.11	0.75	36.38	36.64					
303	23.24	0.75	37.16	36.66					
304	23.24	0.75	37.16	36.67					
305	23.24	0.75	37.16	36.69					
306	23.28	0.75	37.16	36.70					
307	23.28	0.75	37.16	36.72					
308	23.34	0.75	37.16	36.73					
309	23.34	0.75	37.16	36.75					
310	23.34	0.75	37.16	36.76					
311	23.34	0.75	37.16	36.78					
312	23.34	0.75	37.16	36.79					
313	23.34	0.75	37.16	36.81					
314	23.34	0.75	37.16	36.82					
315	23.45	0.75	37.16	36.84					
316	23.45	0.75	37.16	36.85					
317	23.46	0.75	37.16	36.87					
318	23.49	0.75	37.16	36.88					
319	23.49	0.75	37.16	36.90					
320	23.49	0.75	37.16	36.91					
321	23.52	0.75	37.16	36.93					
322	23.52	0.75	37.16	36.94					
323	23.52	0.75	37.16	36.96					
324	23.6	0.75	37.16	36.97					
325	23.6	0.75	37.16	36.99					
326	23.6	0.75	37.16	37.00					

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan tahap perancangan dan pembuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengisian menggunakan Arus konstan untuk 0.75 A lebih cepat dibandingkan 0.5 A
2. Pengisian yang efektif dan aman dengan menggunakan arus konstan 0.5 A
3. Pengisian baterai dengan arus konstan 0.75A dan 0,5A untuk variasi rangkaian seri lebih efektif untuk pengisian menggunakan implementasi yang dibangun
4. Karakteristik Implementasi Pengisian Baterai yang dirancang adalah
 - a. Baterai yang digunakan hanya 2 baterai yang dipasang secara seri maupun Paralel
 - b. Arus pengisian pada implementasi yang dibangun adalah 0.3 Ampere sampai 3.82 Ampere
 - c. Temperatur Operasi system 25°C – 45 °C
 - d. Arus pengisian pada mode *Smart* yang digunakan yaitu 0.3 Ampere – 1 Ampere

5.2 Saran

Pada penelitian Tesis ini tidak lepas dari berbagai macam kelemahan, dimulai dari perencanaan sistem, simulasi, maupun pada implementasi yang telah dibangun. Untuk memperbaiki kekurangan – kekurangan serta sebagai masukan untuk perbaikan sistem menjadi lebih sempurna kedepannya, maka diberikan beberapa saran dan harapan sebagai berikut :

1. Simulasi menggunakan *software* lain. Selain untuk melihat hasil yang kemungkinan berbeda, tidak membutuhkan waktu yang lama.
2. Perlu diperhatikan penggunaan sensor arus dan sensor tegangan untuk kedepannya supaya perhitungan daya yang lebih akurat.
3. Agar alat ini bisa bekerja secara optimal dan handal, diharapkan untuk pemilihan komponen dan spesifikasinya harus sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiv, Achmad. (2013). "Uninterruptible Power Supply Menggunakan Flyback Converter Sebagai Pfc" Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya
- Andri, Herly, (2010). "Rancang Bangun System Battery Charging Automatic ". Universitas Indonesia, jakarta
- Andrianto, Heri, 2008, "Pememograman Mikrokontrol AVR", Informatika
- Dussarrat, J , Gael. B, (2012), "Design of a Test Bench for Battery Management". Linköping Institute of Technology, Sweden
- Bejo, A, (2008), "*Rahasia Kemudahan Bahasa C Dalam Mikrokontroler ATmega8535*", Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Carmen, D, Bruce Pelvait, "An Advanced Battery Management System For Lithium Ion Batteries" Power And Mobility (P&M) Mini-Symposium, August 9-11 Dearborn, Michigan.
- Carrol. G. C, (1980), "*Industrial Instrument Servicing Handbook*", Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Chatzakis John, Kostas Kalaitzakis, Nicholas C. Voulgaris, and Stefanos N. Manias. "Designing A New Generalized Battery Management System". Ieee Transactions On Industrial Electronics, Vol. 50, No. 5, October 2003
- Cooper, William D, (1978), "*Electronic Instrumentation And Measurement Techniques*", Prentice-Hall, Inc., Englewood, Cliffs, USA.
- Davide Andrea, Battery Management Systems for Large Lithium Ion Battery Packs, Norwood, MA: Artech House, Inc., 2010. © 2010 by Artech House, Inc
- Hasan, Umar. (2006). "System Charging Baterai Pada Perancangan Mobil Hybrid", Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Hidayat, Hamdan. (2013). "Pembuatan Alat Kontrol Tegangan Pada Sistem Main Supply Solar Cell Berbasis Mikrokontroler Atmega 16" Universitas Jember, Jember
- Indarto, Bachtera, dkk. 1993. "perencanaan dan pembuatan sumber arus untuk furnace bebas medan magnet berubah yang dapat dikendalikan dengan komputer". Bidang Pengembangan Ilmu Dasar Pusat Penelitian ITS. Surabaya.
- Muhajir, Ahmad. (2014) "*Pengisian Battery Menggunakan Buck-Boost Converter Pada Hybrid Supply Pos Satpam D4 PENS*", Tugas akhir PENS, Surabaya,
- Nugraha, Syechu Dwitya, (2013) "*Desain dan Implementasi Kombinasi Konverter KY dan Buck Untuk Sistem Pengisian Baterai Menggunakan Fuzzy Logic Controller Pada Mobil Listrik*", Tugas akhir ITS., Surabaya

- O'malley, Jhon R.. 1992. *"Theory and Problems of Basic Circuit and Analysis"*. Second Edition. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Peak, Gold Industries "Handbook Lithium Ion". Taiwan R.O.C
- Purnomo, Wahyu (2010). " Pengisi Baterai Otomatis Dengan Menggunakan Solar Cell ". Universitas Gunadarma
- Sainioo, William D. (2013) "Battery Management System Design And Implementation In Electric Raceabout - Electric Sportscar"
- Samadikun,Samaun. (1989). "Sistem Instrumentasi Elektronika" ITB, Bandung
- Setiawan ,Imam. (2009). "Buku Ajar Sensor Dan Transduser", UNDIP, Semarang
- Setiawan, R, (2008), *"Teknik Akuisisi Data"*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Steeven. W, "Control and Management Strategies for the Delphi High Power Lithium Battery "
- Torres Daniel, "Multi-Cell Li-Ion Battery Management System Using Msp430f5529 And Bq76pl536" Application Report:SLAA478–December 2010
- Wilianto, Edi. 2003. *"Modul Ajar Elektronika Lanjut II"*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

BIODATA PENULIS



Edwin Pondi Suwanto lahir di Pamekasan pada 16 Maret 1990, anak ke-4 dari pasangan Moh. Fardi (Alm) dan Siti Aminah, alamat penulis di Jl. Stadion VI no 22 Pamekasan Penulis pernah menempuh pendidikan formal di TK Bhayangkari Pamekasan, SDN 1 Lawangan Daya Pamekasan, SMPN 2 Pamekasan, SMA Negeri 1 Pamekasan. Penulis menempuh gelar Sarjana di Jurusan Fisika ITS Surabaya melalui jalur SNMPTN (2008). Penulis juga aktif berorganisasi sejak SMA sampai kuliah di ITS baik di internal kampus maupun di luar kampus diantaranya OSIS Sie. KEAMANAN (SMP), KARYA TULIS ILMIAH REMAJA (SMA), PRAMUKA (SMA), *FOSIF(ITS)*, *HIMASIKA (ITS)*, *BEM-FMIPA (ITS)*, *FORKAMP (di luar ITS)*, Olimpiade FISIKA Nasional (2009), OSN-Pertamina (bidang fisika), PKM (Bidang penelitian) Sedangkan pengalaman kerja penulis selama masih kuliah di ITS diantaranya sebagai asisten Elektronika dasar, Asisten Fisika Dasar, Asisten Laboratorium Fisika Dasar sekaligus koordinator asisten Lab. Madya jurusan Fisika ITS. Penulis memiliki ketertarikan dalam semua bidang yang berkaitan dengan Teknologi baik Software maupun hardware. Penulis bisa dihubungi pada alamat email edwin.pondys@gmail.com dan callme_pondys@yahoo.com